



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Diseño de banco de pruebas para determinar parámetros de
funcionamiento en motores eléctricos trifásicos de hasta 20
Hp - Empresa ANORSAC - Chiclayo”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Agapito Puse, Jhan Carlos (ORCID: 0000-0003-1823-5062)

ASESOR:

Mg. Dávila Hurtado, Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios por brindarme la vida, guiarme en cada paso que doy, por brindarme las fortalezas para lograr mis metas, por brindarme salud y los conocimientos para culminar mi carrera profesional.

A mi madre Carmen Rosa y mi hermano Alexander por ser mi gran soporte, por brindarme su cariño y paciencia que me dio fuerzas y los ánimos suficientes para seguir adelante.

Al amor de mi vida Patricia Aracely por brindarme su ayuda incondicional, amor y comprensión para lograr esta meta.

A mi hijo Marley por ser el motivo y la inspiración para seguir luchando.

Agapito Puse, Jhan Carlos

Agradecimiento

Un agradecimiento en especial a Dios por ser pilar fundamental en la formación de mi vida tanto personal como profesional y por brindarme esta gran alegría de culminar este gran trabajo de investigación.

Un agradecimiento a la Universidad “César vallejo”, en especial a la “Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica” a la comunidad de profesores por haberme transmitido sus conocimientos durante el tiempo que mi carrera duró.

Un agradecimiento a los señores de la empresa Azucarera del Norte que me brindaron su apoyo en la realización de esta investigación.

También expreso un profundo agradecimiento a mi asesor el Ingeniero Fredy Dávila Hurtado por su ayuda y guiarme en cada paso de la realización de este proyecto de investigación.

Agapito Puse, Jhan Carlos

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2 Variables y operacionalización.....	23
3.3. Población, muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5 Procedimientos.....	27
3.6 Métodos de análisis de datos	27
3.7. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	84
VI. CONCLUSIONES.....	85
VII. RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS	92

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Motores del área de molienda:</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2: Motores del área de calderas</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3: Motores del área de elaboración</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4: Área de centrifugas</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5: Registro de fallas.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6: Características técnicas de un motor eléctrico trifásico de 20 HP.</i>	<i>40</i>

Índice de figuras

Figura 1: Banco de pruebas para motores de corriente directa.....	10
Figura 2: Banco de pruebas para motores de corriente alterna	11
Figura 3: Estator.....	14
Figura 4: Rotor	15
Figura 5: Caja de Conexiones	15
Figura 6: Motores de corriente alterna.....	16
Figura 7: Rotor polos no salientes.....	17
Figura 8: Rotor polos salientes.....	17
Figura 9: Motores asíncronos o de inducción.....	18
Figura 10: Esquema de un motor de arranque por bobinado auxiliar.....	20
Figura 11: Motores eléctricos de ANORSAC.....	30
Figura 12: Área de molienda	30
Figura 13: Área de elaboración	36
Figura 14: Fallas en motores.....	39
Figura 15: Fallas de motores eléctricos.....	39
Figura 16: Características constructivas del motor.....	41
Figura 17: Esquema uniforme de arranque directo	45
Figura 18: Tabla datos conductores eléctricos del tipo THW	48
Figura 19: Esquema unifilar de arranque λ-Δ.....	52
Figura 20: Tablero eléctrico.....	59
Figura 21: Multímetro PCE-PA 6000- ICA.....	61
Figura 22: VoltímetroPCE-PA-6000.....	65
Figura 23: VARIMATIC DM.....	66
Figura 24: Laptop	67
Figura 25: Teclé eléctrico	68
Figura 26: Manual de precios 2019.....	104
Figura 27: Catálogo weg motores eléctricos	104
Figura 28: Manual de mandos por contactor de motores asincronos SENATI....	105
Figura 29: Motores eléctricos de fabricación DELCROSA	105

Resumen

El presente trabajo de investigación se basa en la necesidad de contar con un banco de pruebas para motores eléctricos trifásicos de hasta 20 hp.

Se fundamenta en determinar parámetros de funcionamiento mediante ensayos a través del acoplamiento del motor con un freno dinamométrico de corrientes parasitas y la realización de las mediciones con la instrumentación de calidad seleccionada.

El objetivo de diseñar un banco de pruebas es para que sea de gran ayuda al personal técnico del área de mantenimiento de la empresa ANORSAC, después de haber realizado las actividades de reparación y/o mantenimiento de los motores eléctricos. La estructura es adaptable a motores eléctricos trifásicos de diferentes tipos de hasta 20 hp.

La necesidad que se desea cubrir es manipular el banco para realizar pruebas de caracterización de motores, a su vez adquirir datos con la instrumentación que se cuenta y comprobar los datos para su análisis, es por la cual en este trabajo de investigación se planteó el siguiente problema ¿Cómo determinar los parámetros de funcionamiento en los motores eléctricos trifásicos de la empresa Azucarera del Norte después de su reparación y/o mantenimiento mediante el uso de un banco de pruebas?, teniendo que trabajar la información directamente obtenida del campo, analizarla y plasmarla para la realización de los resultados. Para lograr los objetivos del estudio, se acude al empleo de técnicas de investigación, como análisis de documentos, la observación directa y la entrevista, para entender el problema y la propuesta alternativa. Con ello se pretende conocer el grado del problema con los objetivos de la empresa y en función de ello tomar decisiones que vayan en beneficio de las empresas. Así, los resultados de la investigación se apoyan en técnicas de investigación válidas en el medio.

Palabras clave: Parámetros de funcionamiento, motores eléctricos, banco de pruebas, mediciones, instrumentación.

Abstract

The present research work is based on the need to have a test bench for three-phase electric motors up to 20 hp.

It is based on determining operating parameters through tests through the coupling of the motor with a parasitic current dynamometric brake and the performance of the measurements with the selected quality instrumentation.

The objective of designing a test bench is to be of great help to the technical staff of the maintenance area of the company ANORSAC, after having carried out the repair and / or maintenance activities of the electric motors. The structure is adaptable to three-phase electric motors of different types up to 20 hp.

The need to be covered is to manipulate the bank to perform motor characterization tests, in turn acquire data with the instrumentation that is counted and verify the data for analysis, which is why in this research work the following was raised problem How to determine the operating parameters in three phase electric motors of the company Azucarera del Norte after its repair and / or maintenance through the use of a test bench ?, having to work the information obtained directly from the field, analyze it and translate it for the realization of the results. To achieve the objectives of the study, we resort to the use of research techniques, such as document analysis, direct observation and interview, to understand the problem and the alternative proposal. This is intended to know the extent of the problem with the objectives of the company and based on this make decisions that benefit the companies. Thus, the results of the research are supported by valid research techniques in the field.

Keywords: Operating parameters, electric motors, test bench, measurements, instrumentation.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en China, Japón, Rusia se han visto crecer de manera progresiva en el manejo de motores de corriente alterna, con las pruebas de motores con parámetros de funcionamiento muy exactos, debido en gran medida al aumento de los ingresos para su capital, lo que le permite a la población adquirir un motor eléctrico con garantía. A su vez, lo que permite que las industrias ofrezcan un servicio altamente calificado. (Diario Portafolio, 2013). Los motores eléctricos en todos sus modelos sin excepción, a nivel internacional antes de ser lanzados al mercado tienen que cumplir una serie de ensayos o pruebas, donde se verifiquen sus características, con el fin de incluirlas en la hoja de especificaciones del motor. Estas pruebas se realizan bajo las normas e IEC 60034-1 (Norma Internacional de la Comisión Electrotécnica para máquinas eléctricas rotativas) (Rosales, 2015, p.36). Según Rosales (2015) menciona que todos los motores independientemente del modelo deben pasar por pruebas que midan la resistencia del inductor y rotor, rigidez del embobinado, nivel de aislamiento. (p.137)

Se calcula que cerca del 80% de la energía eléctrica que se produce es utilizado por los motores eléctricos para distintos usos a nivel mundial, usada a través de electrodomésticos o de industrias. (Rodríguez, 2014, p. 1). En la actualidad existen bancos de pruebas para corroborar la eficiencia y optimización de los motores eléctricos en los países altamente industrializados como la Unión Europea, Estados Unidos, China, Japón entre otros, ya que este tipo de máquina eléctrica es la que mayor demanda de energía tiene a nivel mundial. (Massa, 2017, p. 2)

Asimismo, en un artículo la Revista Electro Industria de Chile (2015) hizo mención que los motores de corriente alterna tienen problemas principales en el excesivo consumo de energía, alto torque y recalentamiento. Tenemos estrategias válidas para terminar con estos problemas

existentes. Este problema se manifiesta en muchas industrias de distintos países, a ello se suma las decisiones de quienes están a cargo de la verificación de los motores de las industrias existentes.

Nuestro país está creciendo industrialmente. El Perú ya se encuentra aplicando el uso de las nuevas tecnologías, maquinarias e instrumentación para las industrias; entre las maquinas eléctricas que más destaca por su uso en la industria de nuestro país es el motor eléctrico de inducción trifásico. (Guerrero, 2017, p. 7). Hacer uso de la tecnología y utilizarla para la transformación y mejoramiento de la industria nos ayudará a muchos y cada uno de sus sectores.

De acuerdo a reglamentos, el diseño de los motores está sujeto para trabajar en ambientes donde exista una temperatura no mayor a 40°C y en una altura por debajo de los 1000 msnm. Si se realiza una instalación no respetando las normas, el uso del motor no será el adecuado pues su funcionamiento será en carga menor con la que está diseñado que opere. (Rosales, 2015, p.37). La funcionalidad y duración del motor dependerá muy principalmente de la temperatura que se encuentra en operación y del tipo de servicio que se encuentre realizando el motor.

Si se pone en marcha el funcionamiento de un motor con carga excesiva a la que debe tener el motor presentara fallas, un cambio en su carga, provocará una carga excesiva en el motor, por lo tanto, empezarán a detectarse fallas en los rodamientos como también perderá aislamiento en su bobinado o durante la operación que se encuentre realizando habrá alguna fricción por la presencia de una sobrecarga o recalentamiento. Cuando el motor se sobrecalienta o se le exige la capacidad de trabajo, la operación que se encuentre realizando nos costara el doble, porque el consumo de energía será mayor y por ende su temperatura se seguirá elevando y se estará reduciendo conscientemente la vida del aislamiento y del motor.

Los inconvenientes en rodamientos se presentan generalmente por la falla de los motores sin previa inspección antes de que haya sido puesto en marcha, así mismo; la incorrecta alineación de los motores y la carga, como también por los malos acoplamientos. Si para el funcionamiento de un motor ya sea de cualquier objeto o de alguna agroindustria se tiene como herramienta principal un banco de pruebas, la organización tuviera unos correctos parámetros de funcionamiento. (Rodríguez, 2014. p 16)

La Empresa Azucarera del Norte S.A.C es un Ingenio azucarero incorporado el 01 de Noviembre del 2001. Se encarga de la elaboración de azúcar. Esta identificada con R.U.C 20479437875. Este ingenio azucarero tiene 17 años posicionándose en el mercado de forma sostenible. Está ubicada en carretera a Ferreñafe Km 12.6, Pícsi-Chiclayo- Lambayeque. Esta industria azucarera tiene la capacidad de molienda de 600 TM diarias a comparación del resto de agroindustrias del departamento, a esta empresa de estudio se le considera como la más pequeña de todas estas, por la capacidad de molienda que presenta según su equipo industrial que tiene implementado. La empresa cuenta con 122 motores eléctricos desde 0.5 hp de potencia que es el motor con la menor potencia hasta 400 hp que es el motor con la mayor potencia, los motores con mayor uso oscilan entre 5 hp a 30 hp de potencia siendo el área de elaboración de azúcar la que tiene el número mayor de instalación y uso de estas máquinas.

Actualmente se puede observar varios inconvenientes en la operación de los motores eléctricos debido a que no se cuenta con los equipos y/o dispositivos necesarios para determinar parámetros de funcionamiento y mediante la cual se pueda detectar fallas de una manera más sencilla, a esto se le añade el deterioro de la mayoría de las instalaciones eléctricas lo cual constituye un problema constante durante las jornadas de producción.

Dentro del área que más falencias tiene en cuanto a motores eléctricos es el área de Calderas, motivo de estas fallas son la humedad del vapor que se produce en estas calderas, el polvo y la corrosión producto de la ceniza y las altas temperaturas, todos estos aspectos afectan principalmente al bobinado y los rodamientos de los motores eléctricos de esta área, siendo las fallas comunes que repentinamente se producen.

Con esta investigación se pretende dar una visión en cuanto a los parámetros de funcionamiento de cada motor, pues el ingenio azucarero cuenta con una cantidad aceptable de máquinas para efectuar el diseño mencionado y de esta manera probar su nivel de producción y rendimiento de cada uno de ellos y de esa forma dejar de probar el funcionamiento de los motores empíricamente, herramienta optada que no determina exactamente el parámetro de funcionamiento operativo de cada maquinaria, esa forma no se sabe el rendimiento de trabajo de la maquinaria.

Si se aplicara esta herramienta no se tuviese inconvenientes en las jornadas de molienda, un punto por trabajar para estar a la altura del mercado pues no retrasa la producción y no estanca el nivel de molienda diaria que este tiene como capacidad límite, sin embargo, esto se logra teniendo un equipo técnico bien equipado.

Finalmente, se opta por esta investigación dado a la necesidad que se requiere saber valores reales de los parámetros de funcionamiento establecidos para que los motores eléctricos muestren un buen desempeño y mayor eficiencia de funcionamiento de esta manera podemos evitar las averías imprevistas por sobrecargas y procesos ocasionados por estos parámetros eléctricos como son en muchos casos los armónicos. Con esto se pretende dar un gran avance operativo dentro del equipo de producción que se cuenta.

Asimismo, se plantea la problemática de ¿Cómo determinar los parámetros de funcionamiento en los motores eléctricos trifásicos de la empresa Azucarera del Norte después de su reparación y/o mantenimiento mediante el uso de un banco de pruebas? Ante esto, la investigación se justifica técnicamente debido a que permitirá analizar los parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos, analizar su eficiencia y/o rendimiento para de esta manera poder prevenir o descartar fallas y lograr el alargamiento de vida útil en las máquinas y/o equipos y evitar las paradas inesperadas. Además, económicamente el presente proyecto se justifica económicamente puesto que contando con un banco de pruebas para medir parámetros de funcionamiento de motores eléctricos se puede prever paradas inesperadas, que son tomadas como pérdidas de producción; así como también reducir los costos en la intervención de la mano de obra por los inconvenientes que se puedan dar durante la operación de los motores eléctricos a consecuencia de no haber hecho un buen diagnóstico de falla o una buena determinación de sus parámetros de funcionamiento. Con esta determinación exacta de parámetros se puede lograr brindarles más vida útil promedio a los motores eléctricos.

Por último, de forma social la investigación se justifica porque es una investigación que aporta beneficios a la organización en estudio como también a las demás organizaciones que poseen estos tipos de problemas en su eficiencia teniendo la seguridad y credibilidad en el rendimiento de los motores eléctricos. También será más beneficioso en cuanto a la mano de obra de los trabajadores por lo que podrán localizar las fallas más fácilmente y con todas las medidas de seguridad lo que les dará mayor acreditación a sus labores.

En el planteamiento de la hipótesis, el diseño de un banco de pruebas permitirá determinar los parámetros de funcionamiento de motores eléctricos en la empresa Azucarera del Norte S.A.C- Chiclayo.

El los objetivos de la investigación, se tuvo como objeto general Diseñar un banco de pruebas para determinar los parámetros de funcionamiento de motores eléctricos trifásicos hasta 20 hp en la Empresa Azucarera del Norte S.A.C. Asimismo, de forma específica, se propuso 1) Hacer un diagnóstico de la situación actual del uso de los motores eléctricos de la empresa Azucarera del Norte S.A.C., 2) Determinar los parámetros de funcionamiento del banco de pruebas.3) Dimensionar los diversos equipos electromecánicos necesarios para el banco de pruebas de motores eléctricos trifásicos de hasta 20 hp., 4) Realizar un protocolo de pruebas de los motores eléctricos. Y por último, 5) Realizar una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores VAN y TIR.

II. MARCO TEÓRICO

Wengerkievicz, Sadowski, et all (2017) en su investigación ponen de conocimiento que se utilizan diferentes circuitos para modelar el funcionamiento del motor de inducción trifásico de acuerdo con la aplicación deseada. Para los cálculos en el rango de funcionamiento normal, es decir, desde el par máximo hasta la condición sin carga, el modelo de jaula única proporciona suficiente precisión. Para los cálculos de eficiencia, se deben considerar las pérdidas en el núcleo y generalmente están representadas por la resistencia R_c . Si se desean cálculos que incluyan la condición inicial, es posible que el modelo de jaula única con parámetros constantes no proporcione suficiente precisión, y se considera que una jaula doble o parámetros variables mejoran la precisión. Además, los métodos alternativos para el cálculo del valor de los parámetros se basan básicamente en cálculos analíticos, cálculos iterativos o métodos de optimización numérica como Newton, algoritmos genéticos, optimización de enjambres de partículas o recocido simulado. Los cálculos pueden utilizar datos del fabricante, mediciones de campo simples o datos detallados de pruebas de laboratorio (p.105).

En Mexico García (2014, p. 96), en su trabajo de cuyo objetivo principal fue obtener curvas características, el cual facilite al Laboratorio de Mecánica Experimental desarrollar prácticas reales de acuerdo a los requerimientos del área industrial, y quien llego a la siguiente conclusion:

Se cumplió con el objetivo de diseñar, construir y poner en marcha un sistema para monitorear las variables críticas de un motor monofásico para la caracterización del mismo. El sistema de monitoreo desarrollado cumple con su principal tarea adquirir los datos y almacenar de manera confiable en tiempo cuasi real. Asimismo, se propuso una prueba para validar el banco, con la finalidad de medir las perturbaciones provocadas por la estructura sobre un motor monofásico, y además se identificaron las frecuencias de trabajo presentes en la operación de un motor monofásico sobre el banco de pruebas, siendo la más representativa la frecuencia de 60 Hz por la velocidad de operación del motor monofásico con un rango de amplitud de 0.15 a 0.3 G.

Daut, Gomesh et all. (2012) en su trabajo de investigacion “Determinación de parámetros del motor de inducción de 0,5 HP basado en el estudio de caso de Load Factor Test-A” han concluido que mediante cálculos y experimentos, muestra claramente que tiene el motor de inducción una eficiencia del 66,62%. Esta carga ha provocado que la eficiencia del motor disminuya. Los datos recopilados permiten resumir la entrada promedio potencia, voltaje de línea a línea, corriente de entrada y factores de potencia para determinar el consumo de electricidad del motor por carga y rango de voltaje, es decir, la potencia mecánica de salida. La técnica de usar el generador de CC combinado con la polea se puede aplicar para la prueba de carga del motor de inducción. Además, se observó que a) El generador de CC se puede utilizar como carga para una inducción del motor usando la polea. b) El punto de funcionamiento del motor de inducción se puede configurar mediante ajustando ligeramente la relación de diámetro de la polea. c) La potencia de salida total difiere de su potencia mecánica. d) Se utilizan varios métodos para obtener la eficiencia del motor de inducción y cada uno se diferencia entre sí por cierto porcentaje. e) Con un factor de carga bajo, la eficiencia disminuye y la mayor parte de la energía se disipa en forma de calor (pérdidas) (p.480)

A nivel nacional, Guerrero (2017, p. 16), en su trabajo de investigación respecto a los parametros de medición recalca que mediante el diseño de un sistema de control para medir parámetros eléctricos se logrará trabajar a bajos costos, pues este sistema detecta los consumos elevados de potencia debido al uso de cualquier objeto que necesite de conexión eléctrica. Además, es importante porque las mediciones se pueden realizar desde cualquier parte lo que permite ahorrar tiempo, evaluar la calidad de productos y servicios que se brindan. Por lo tanto, el sistema de medición debe estar correctamente instalado y con un funcionamiento operativo para que logre ser de gran utilidad dentro del contexto de estudio.

Rabines (2016, p. 13), en su trabajo de investigacion concluye que la realizacion de esta técnica de supervicion de parametros fisicos y electricos

deja demostrado que si se puede y es de una manera más eficiente realizar actividades de supervisión en dispositivos y máquinas.

A nivel regional y local, se investigó a profundidad trabajos cuyo tema en estudio hayan acotado las variables en estudio, sin embargo; no se encontró investigaciones cuyos aportes sean regionales y locales.

Respecto a las teorías relacionadas al tema, un banco de pruebas para motores es una herramienta que sirve para efectuar mediciones en motores y se tiene como objetivo calcular los parámetros de funcionamiento de un motor. Generalmente, los bancos de pruebas son muy empleados en talleres o laboratorios donde miden el desempeño de sus motores para que tengan el correcto funcionamiento de actividades relacionadas con estos para optimizar su desempeño. (Gonzales y Tejada, 2013, p. 9).

Por otro lado nos relatan que es muy usado para la reparación y reconstrucción de motores, haciendo pruebas para verificar un correcto funcionamiento del motor antes de poner en operación en una actividad. Así mismo, los bancos de pruebas de motores es una útil herramienta para los ingenios azucareros, para generar un control de calidad en sus plantas industriales. (Gonzales y Tejada, 2013, p. 9).

Asimismo, un banco de pruebas es un aparato diseñado para medir la eficiencia de ciertos motores. Esta herramienta nos puede ayudar de muchas formas pues es de aplicación muy favorable para el fabricante, preparador y para el usuario. Los motores son sometidos a mediciones alternadas con una severa prueba de durabilidad y carga que se repiten hasta alcanzar su óptimo desempeño y alcancen resultados que se requieren. Además, se mide su potencia de trabajo del motor. (Márquez y Rojas 2011, p. 24).

Por otra parte, para el Diccionario de la Revista Motor Giga (s/f) un banco de prueba es un diseño de plataforma que la función de su diseño es medir todas las utilidades de los motores y sus características de funcionamiento. Este se emplea para obtener datos importantes para la industria que depende de los motores para todo el funcionamiento de planta para la determinación de datos indispensables para la prueba de los motores.

Banco de pruebas para motores de corriente directa. Según Ramírez (2014, p. 37) nos comenta que “se les denomina bancos de pruebas de corriente directa cuando el motor eléctrico a evaluar es alimentado por corriente continua”.

Figura 1: Banco de pruebas para motores de corriente directa



Fuente: Ramírez (2014, p. 37)

El banco de pruebas para determinación de motores de corriente continua se utiliza primordialmente para probar motores de juguetes, robots, y control de posición.

Banco de pruebas para motores de corriente alterna (AC): Son plataformas de pruebas que miden, analizan y genera un reporte del funcionamiento de los motores de corriente alterna.

Figura 2: Banco de pruebas para motores de corriente alterna



Fuente: Ramírez (2014, p. 38) Banco de pruebas para motores Ac y bombas

La mayoría de empresas industriales ejecutan distintas pruebas para conocer el funcionamiento de los equipos industriales, la calidad con la que se encuentran trabajando y para conocer la eficiencia de la planta industrial con que se cuenta.

En una industria cada proceso necesita conocer todas las situaciones venideras que se puedan presentar dentro de su proceso de trabajo. Anteponerse a las eventualidades mediante mantenimientos predictivos, pronóstico y correctivo, que serán necesarios y muy importantes para lograr exceder los niveles máximos de producción.

El Comisionamiento es el conjunto de actividades que no se visualizan en el proceso de pruebas de un banco de pruebas y la puesta en marcha del equipo; sino que además es un proceso metódico del cual se confía el proceso de operatividad de una serie de equipos que conforman el equipamiento de un proyecto, que mediante la utilidad del banco y de todas las razones por las cuales fue diseñado pueda cumplir con las necesidades que el cliente requiera para obtener el mejor servicio (Ramírez, 2014 p. 39)

Seguidamente, el instrumento diseñado debe ser capaz de demostrar la capacidad para ejecutar los diversos procedimientos para el que fue diseñado. Por ello, para probar el instrumento deben medirse todos los parámetros de operaciones con el fin de adquirir toda la información necesaria del comportamiento ante su equipamiento, seguidamente, debe ser sometido a pruebas de inspección y mantenimiento, siempre colocando de base todos los datos que se han logrado obtener en la verificación del proyecto para de esta forma, lograr anteponer cualquier situación difícil y poder realizar todos los ajustes necesarios para lograr que el proceso sea eficaz y se obtenga mejores resultados a los previstos.

Finalmente, después de haber ejecutado todas las pruebas necesarias y de haber puesto a prueba el equipo se debe documentar todos los procesos para su correcto uso, es muy importante realizar un manual de manejo. El proceso anterior es importante para realizar alguna modificación que sea necesaria en el equipo para actualizar las nuevas técnicas e instrumentos a utilizar que estén disponibles en el mercado y que estén al alcance de las industrias obteniendo de esta forma mejores resultados, aumentando vida útil del equipo y permitir facilitar todas las operaciones correspondientes. (Ramírez, 2014, p. 43)

De acuerdo a los dispositivos electromecánicos del banco de pruebas, se tiene que el disyuntor magnetotérmico, “es un dispositivo de control y de protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos; la protección térmica tiene compensación de temperatura y sensibilidad a la falta de alguna fase”. (Cornejo y Tinajero, 2015, p. 28). Asimismo, el bloqueador de emergencia “es un dispositivo con un contacto normalmente cerrado y cumple la función de interrumpir el circuito eléctrico abriendo su contacto ante cualquier emergencia. (Cornejo y Tinajero, 2015, p. 28). Por otro lado, el contactor electromagnético, “es un dispositivo electromecánico activado por una bobina cuyo objetivo principal es establecer o impedir un circuito de fuerza o de control”. (Rodríguez, 2002, p. 16).

Seguidamente, el relé térmico “es un dispositivo que cumple la función de proteger directamente a los motores eléctricos contra los cortocircuitos y las corrientes de sobre carga”. (Rodríguez, 2002, p. 28). La luz piloto “son aquellos dispositivos que cumplen la función de señalar el perfecto funcionamiento o la interrupción de un circuito eléctrico. (Rodríguez, 2002, p. 31). El **voltímetro**, es un instrumento que sirve para realizar la medición del voltaje; existen del tipo digital y analógico. El amperímetro, es un instrumento que sirve para realizar la medición de la intensidad. En el banco de pruebas se utiliza para medir la corriente del motor eléctrico. Se menciona al vatímetro como un instrumento que sirve para realizar la medición de potencia. En el banco de pruebas se utiliza para medir la potencia entregada por el motor eléctrico. El frecuencímetro se utiliza para la medición empleado en la frecuencia. Y por último, el torquímetro es un instrumento de medición empleado en la determinación del torque.

De acuerdo a motores eléctricos, según la Fundación Red de Energía en su Manual de Motores Eléctricos (2011, p. 3) “son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica” que tienen por objeto transformar energía eléctrica en forma de corriente continua y alterna, una energía mecánica que tiene la capacidad de dar el funcionamiento a un proceso de operatividad.

El motor de inducción trifásico es el motor más utilizado en el mundo y se describe como el caballo de batalla de la industria. Este motor puede producir una gran cantidad de energía unidades de megavatios incluso a valores fraccionarios. La cantidad de electricidad utilizada por este tipo de motor durante el funcionamiento condición ha alcanzado cientos de veces mayor que el motor precio de compra para que la eficiencia de los motores de inducción Siempre ha sido importante con respecto al ahorro energético.

Los motores tienen una calidad que los distingue y es, que son de larga vida útil, aproximadamente en grandes industrias potenciales unos 10 años, sin embargo, hay industrias donde opera más de 30 años de vida útil. Gracias a todos los aportes que puede ofrecer la industria están que es económico, de limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento.

Un motor eléctrico en comparación al motor de combustión interna tiene un grupo muy pequeño de piezas mecánicas lo que le permite ser más ágiles en cuanto a potencia y después de haber estado estabilizados o parados a pasar de forma rápida al funcionamiento al máximo logrando sus funciones de forma eficaz.

Dentro de las partes de los motores eléctricos tienen dos partes principales: un estator fijo o también llamado inductor y un rotor móvil, conocido también como inducido y están constituidos por ciertas partes básicas que son las siguientes:

El estator constituye la parte estática del motor, es aquí donde se alojan las bobinas y es el encargado de crear el campo magnético. Esta parte importante del motor le permite brindarle la rotación. Existen a) Estator de polos salientes y b) Estator ranurado. (Rosales, 2015, p. 4)

Figura 3: Estator



Fuente: Elaboración propia

Y el rotor constituye la parte giratoria del motor. Se tiene a cotnuacion la presentacion del rotor en motores.

Figura 4: Rotor



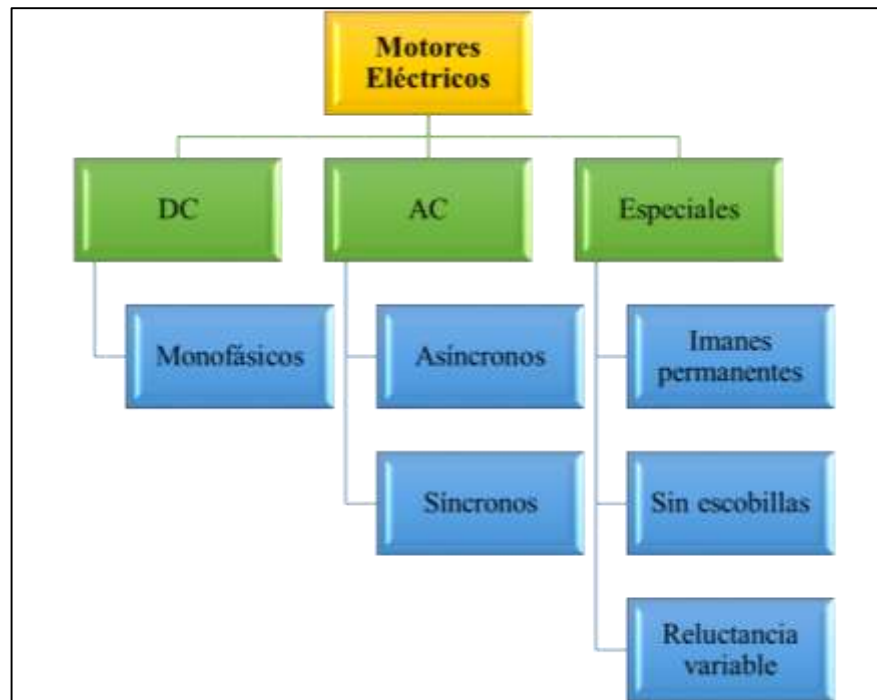
Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Caja de Conexiones



Fuente: Fotografía propia

Figura 6: Motores de corriente alterna



Fuente: Elaboración propia

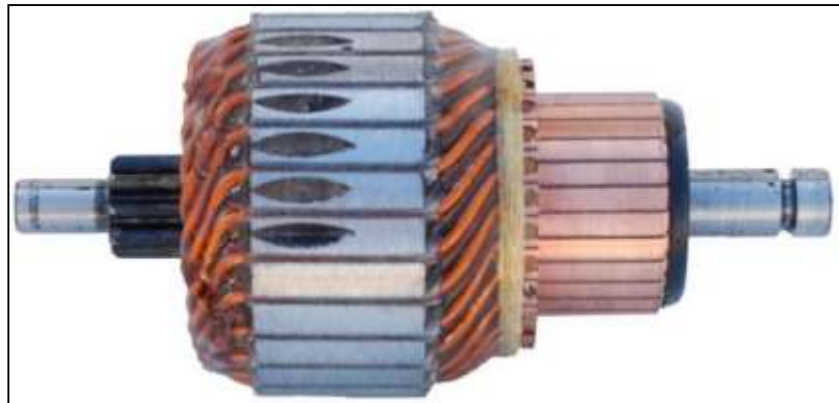
Motores de corriente alterna, dentro de ellos los de tipo trifásicos están constituidos por dos grandes grupos:

- a) Motores Síncronos
- b) Motores Asíncronos

Los motores síncronos son motores de corriente alterna en el que las revoluciones del eje están igualadas con la frecuencia de la corriente de alimentación. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad invariable.

Y los motores de rotor polos no salientes se emplean en inducidos de dos y cuatro polos. Los motores de rotor liso operan a grandes velocidades. (Rodríguez, 2014, p.72)

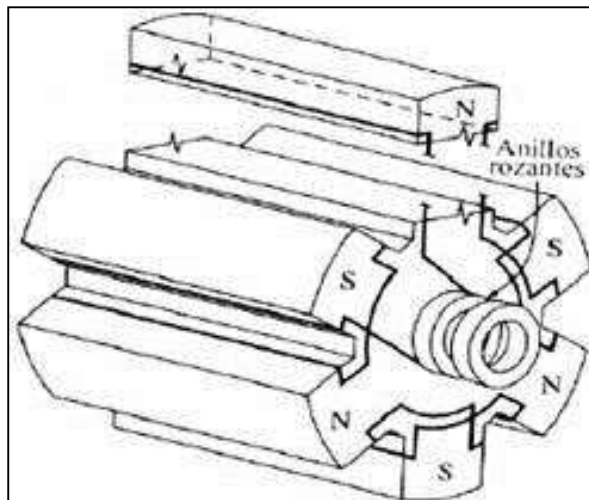
Figura 7: Rotor polos no salientes



Fuente: Rodríguez (2014, p.72)

Motores de polos salientes, este tipo de motores operan a bajas velocidades. Un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia fuera de la superficie del rotor. (Rodríguez, 2014, p 73).

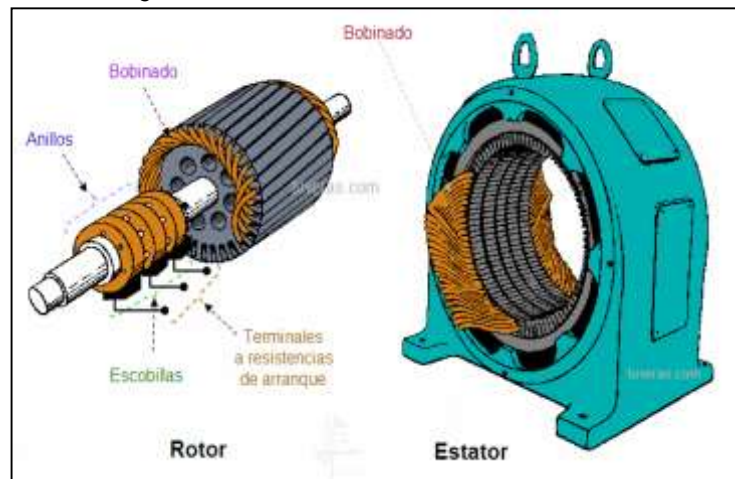
Figura 8: Rotor polos salientes



Fuente: Rodríguez (2014, p.73)

Los motores asíncronos son aquellos motores eléctricos en el que las revoluciones que dara el rotor seran siempre menores a la velocidad del campo magnetico del inductor. Si mayor es el par motor mayor es esta diferencia de sincronismo. (Hernández, 2014, p.26)

Figura 9: Motores asíncronos o de inducción



Fuente: (Hernández, 2014, p.26)

Las características de los motores de corriente alterna, según los parámetros de operación de un motor designan sus características, es importantes determinarlas. Las principales características de los motores C.A según el Departamento de energía de los EE.UU (p.10) son:

El factor de potencia instantánea es proporcional al voltaje instantáneo multiplicado por la corriente instantánea.

Además, cabe mencionar a las causas de voltaje CA así cuando la corriente fluye en una onda sinusoidal que replica la onda de voltaje. Sin embargo, la inductancia en los devanados del motor retrasa algo el flujo de corriente, lo que resulta en un cambio de fase. Esto transmite menos potencia neta perfectamente sincronizada con el voltaje y corriente de los mismos valores RMS. El factor de potencia es la fracción de potencia realmente entregada en relación con la potencia que sería entregada por el mismo voltaje y corriente sin el cambio de fase. El voltaje de CA aumenta en positivo y cae en negativo 60 veces por segundo, entonces, cuadre el voltaje en todos los momentos de un ciclo de CA, tome la media de estos, y luego saca la raíz cuadrada de la media. Por razones perdidas en la oscuridad, los pasos se indican al revés.

La energía trifásica, siguiendo el voltaje, la energía derivada de una fuente de CA alcanza su punto máximo y cae a cero 120 veces por segundo. Esta provoca pulsaciones de par en los motores, lo que genera ruido, vibración y mayores tensiones en el eje. Asimismo, la eficiencia es un factor que indica el grado de pérdida de energía, trabajo o potencia de cualquier aparato eléctrico o mecánico.

Por otro lado, el deslizamiento es la relación que existe entre la velocidad de giro del inducido con respecto a la velocidad del campo magnético. Debido a la resistencia con el aire y al rozamiento, el inducido no logra alcanzar la misma velocidad que el flujo. Y a esa diferencia se le denomina deslizamiento. El par de giro del motor viene dado por:

$$M = K \cdot \Phi \cdot I_r$$

Ecuación Par de giro del motor

Siendo:

K = Constante.

Φ = Flujo magnético del campo rotativo.

I_r = Intensidad de corriente del inducido.

Presenta grandes ventajas con respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- Se fabrican de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro elevado y es prácticamente constante.
- Su rendimiento es muy excelente, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina.
- Este tipo de motores no emite contaminantes.

Los motores monofásicos son de gran utilización en el campo doméstico, con características similares a los trifásicos pero con el inconveniente de que su rendimiento y factor de potencia son menores. A igual potencia, el monofásico es más voluminoso que el trifásico. (Cornejo y Tinajero, 2015, p. 12). Los más utilizados son el de bobinado auxiliar, para ello, los motores monofásicos de arranque por bobinado auxiliar, están conformados por dos bobinados en el inductor; uno auxiliar o de arranque y el otro principal o de trabajo y están desfasados 90° . Este tipo de motores son utilizados en aplicaciones que se requiere de baja potencia mecánica con cargas de poca inercia. (Cornejo y Tinajero, 2015, p. 12).

Dentro de la aplicación es muy utilizado en las refrigeradoras que tenemos en nuestras casas.

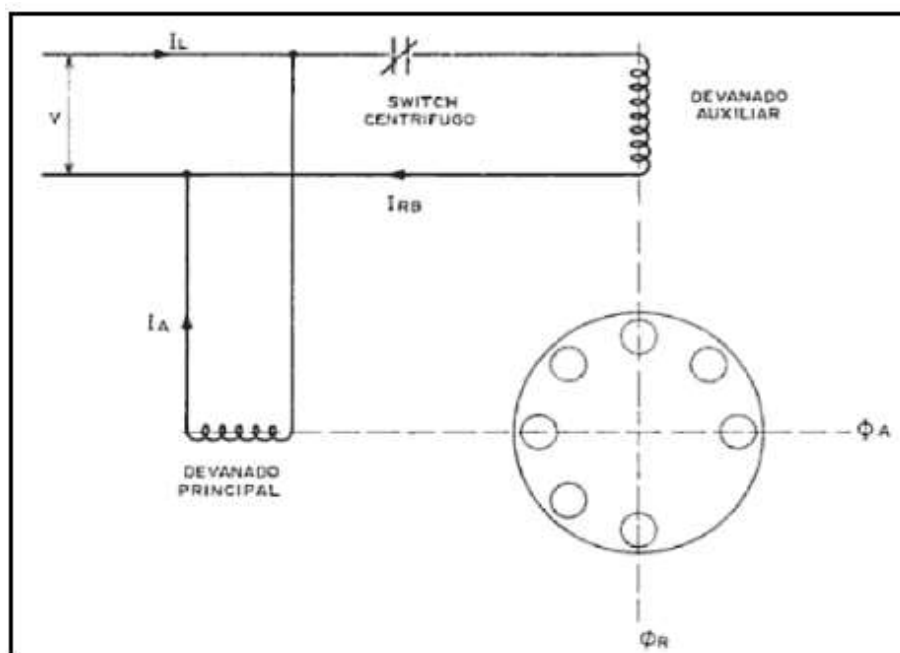


Figura 10: Esquema de un motor de arranque por bobinado auxiliar

Los de tipo universal se le denomina universal porque puede realizar sus funciones tanto con corriente alterna, así como con corriente directa. Y su aplicación es ampliamente utilizada en herramientas de trabajo portátiles.

Los de espiras en cortocircuito, este motor por consistir de espiras en cortocircuito puede arrancarse directamente por si mismo. El sistema consiste en dividir los polos en dos partes desiguales. Sus aplicaciones, se emplean para accionar máquinas-herramienta.

El motor de arranque por capacitor es un motor que su bobinado auxiliar contiene casi el mismo numero de vueltas que el bobinado principal. Tambien contiene un capacitor y un interruptor centrifugo conectados en serie al bobinado auxiliar para desconectar este bobinado una vez que el motor ya vencio la inercia, el capacitor ayuda a que el bobinado se caliente con menos rapidez y aparte incrementa el par de arranque. (Cornejo y Tinajero, 2015, p. 13).

Los tipos de bobinas según Cornejo y Tinajero (2015). El motor monofásico consta de dos grupos de bobinados en el inductor: (p. 13) el bobinado principal y el bobinado auxiliar, Dichos arrollamientos están conectados en paralelo con la tensión de línea. El arrollamiento de trabajo está formado por conductores de más calibre y tiene menor espiras que el arrollamiento de arranque, el devanado de arranque tiene mayor espiras de menor calibre.

Dentro de los parámetros de funcionamiento clasificamos a los parámetros de tensión (V) y para ello, los motores están diseñados con una eficiencia superior al 80% para que estos motores no desperdicien energía, pero la eficiencia de los motores a menudo disminuye cuando el factor de carga es inferior al 50%. Por lo tanto medidas necesita ser investigado para hacer compatibles los tamaños del motor para las aplicaciones de carga con el fin de mejorar el motor eficiencia. La unidad de medida a emplear será el Voltio (V). (Daut, N. Gomesh, M.Irwanto, Y.Yanawati, S., p. 477).

Dentro de los indicadores de calidad según el Ministerio de Energía y Minas (2011, Párr. 11-15), esta dado para un periodo de medición (k) de

$$(15) \text{ minutos es: } \Delta V_k(\%) = \frac{(V_K - V_N)}{V_N} \times 100\% ; \text{ (**Expresada en: \%**).$$

Dónde:

V_k: valores eficaces (RMS).

V_N: valor de la tensión nominal (V).

Tolerancias: admitidas para tensión nominal:

- ±5,0% para el sector urbano.
- ±7,5% para los sectores Urbano-Rurales y/o Rurales

En todos los niveles de tensión si la tensión supera el 5% del período de medición se considera que la energía eléctrica es de mala calidad.

El parámetro de intensidad de corriente (I) es la cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un circuito eléctrico. Su unidad de medida es el amperio (A). (OSINERGMIN, 2016, p.16). El parámetro de potencia activa (P) es la potencia que transforma la energía eléctrica en trabajo en otros términos es la potencia aprovechada por los circuitos eléctricos y es tomada como potencia útil. (OSINERGMIN, 2016, p.16). El parámetro de potencia reactiva (Q) es la que no produce una actividad útil debido a que su valor medio es nulo en instalaciones donde encontramos bobinas o condensadores aparece la potencia reactiva. (OSINERGMIN, 2016, p.17). El de factor de potencia (COSφ) mide la eficiencia de un circuito eléctrico cuando este es convertido en potencia útil, el factor de potencia ideal para una industria es 0.96. (OSINERGMIN, 2016, p.17). El de frecuencia constituye el fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces en el lapso de un segundo se presenta con la letra (f) y su unidad de medida es el Hertz (Hz) en el Perú la frecuencia establecida es 60 Hz. (Fink, 1997, p. 15). Por último, el parámetro de revoluciones por minuto, es el número de vueltas completas que gira el

rotor en el transcurso de un minuto, se expresa en r.p.m (revoluciones por minuto) y de el torque es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia, expresado en términos prácticos podemos afirmar que el torque es la fuerza de empuje que va a tener el eje de salida, dato totalmente independiente del tiempo que tarde en ejercer esa fuerza, eso sería la potencia.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Aplicada: Según el uso de los resultados, esta investigación mejora el problema real en la empresa Azucarera del Norte.

No experimental: El diseño de la presente investigación es no experimental puesto que su propósito de este método es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

Descriptiva: El tipo de investigación del presente trabajo es descriptivo, pues observa y describe el comportamiento de las variables sin influir sobre estas de alguna forma, porque se busca definir claramente el diseño de un banco de pruebas para determinación de parámetros de funcionamiento de motores eléctricos en la empresa Azucarera del Norte, estableciendo el “como” y “por qué” de la alternativa planteada pueda ser utilizada dentro del rubro de mantenimiento.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente.

Diseño de un banco de pruebas.

Variable Dependiente.

Parámetros de funcionamiento en motores eléctricos hasta 15 hp.

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición	Instrumentos
Banco de pruebas	Un banco de pruebas para motores es una herramienta que sirve para efectuar mediciones en motores y se tiene como objetivo calcular los parámetros de funcionamiento de un motor. Generalmente, los bancos de pruebas son muy empleados en talleres o laboratorios donde miden el desempeño de sus motores para que tengan el correcto funcionamiento de actividades relacionadas con estos para optimizar su desempeño. (Gonzales y Tejada, 2013, p. 9)	Es una importante herramienta cuya función principal es la ejecución e identificación de los parámetros de los motores, con la finalidad evaluar el correcto funcionamiento de estos.	Indicadores electromecánicos	Razón	Fichas de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición	Instrumentos
Parámetros de funcionamiento en motores eléctricos de hasta 20 hp.	Es la evaluación del funcionamiento del motor en su rango de operación, en la cual se realizaran mediciones y el motor estará sometido a una serie de pruebas o ensayos. (Rodríguez, 2014, p. 31)	Es la obtención de los resultados una vez realizada las diferentes pruebas a los motores eléctricos para determinar el estado en el cual se encuentran.	Tensión Intensidad Frecuencia Potencia Rpm Torque	Razón	Fichas de toma de datos de los parámetros obtenidos en cada motor eléctrico.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

La población objeto de estudio serán los motores eléctricos de la empresa Azucarera del Norte.

Muestra:

La muestra que se utilizara para la realización de este trabajo serán los motores eléctricos trifásicos de 0.5 hp hasta 20 hp de potencia de la empresa Azucarera del Norte S.A.C.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumentos	Objetivos
Observación directa	Ficha de registro de falla	Determinar distintas fallas en los motores eléctricos.
Análisis de documentos	Ficha de análisis de documentos	Determinar de los manuales técnicos, tesis, diarios, entre otras fuentes información importante para la investigación.
Entrevista	Guía de preguntas	Conocer la necesidad de contar con un banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

El trabajo de investigación se llevó a cabo de la mano por especialistas en la materia que dieron conformidad de los instrumentos de recolección de datos como el aspecto metodológico del mismo concerniente al diseño de un banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento de motores eléctricos hasta 20 hp en la empresa ANORSAC. Asimismo, la fuente de información es veraz pues todas las coordinaciones se han realizado internamente con los jefes de la empresa en estudio examinando las ventajas de cada propuesta para solucionar los problemas en la organización llegando a la satisfacción de una exitosa implementación brindando confiabilidad a la investigación.

3.6 Métodos de análisis de datos

A) Ficha de registro de falla

Mediante la elaboración de una ficha de registro de falla se registraran las diferentes fallas presentadas en los motores eléctricos, consta de tres secciones. En la primera sección se encuentra la descripción técnica del motor según la placa de características. En la segunda sección se registraran los parámetros de funcionamiento del motor y se detallara si el parámetro medido es el requerido o si existe alguna observación que señalar. En la tercera sección se registrara las condiciones en la que se encuentran cada una de las partes del motor y se señalara la parte que está fallando o que ocasiono la falla en el motor eléctrico.

B) Ficha de análisis de documentos:

La ficha permitirá recopilar información que sea necesaria de los documentos, libros, folletos, revistas, manuales técnicos que serán revisados para extraer datos relevantes y consta de tres secciones.

En la primera sección va la información bibliográfica como autor, año del documento y editorial. En la segunda sección se detallan los datos del documento revisado; el título, las páginas revisadas, ubicación del documento y la fecha que se realizara la consulta. En la tercera sección se detalla los datos recolectados que se crean convenientes y de valiosa importancia para la realización del proyecto.

C) Guía de preguntas

Se brindara un cuestionario de 5 interrogantes a los jefes de las áreas de mantenimiento, molienda, elaboración, producción y operarios del taller eléctrico con la finalidad de conocer el nivel de necesidad del diseño de un banco de pruebas para determinación de parámetros de funcionamiento de motores eléctricos en la empresa Azucarera del Norte.

Las personas que serán encuestadas, cuentan con los conocimientos técnicos necesarios y estarán en la capacidad de responder las preguntas formuladas en la encuesta.

3.7. Aspectos éticos.

La información recopilada mantendrá su autenticidad y veracidad durante todo el proceso de investigación. El estudio involucra el análisis de manuales, bibliografías de fabricantes, información que será utilizada bajo los términos respeto a los derechos de autor.

IV. RESULTADOS

3.1 Hacer un diagnóstico de la situación actual del uso de los motores eléctricos trifásicos de la empresa Azucarera del Norte.

3.1.1 Generalidades

ANORSAC dedicada al rubro comercial de producción y venta de azúcar, en la cual emplea gran número de motores eléctricos para los diferentes procesos de elaboración de su producto.

La empresa cuenta con 84 motores eléctricos hasta 20 hp de potencia siendo la mayoría de estos en la marca DELCROSA.

Los motores con mayor uso varían entre 5 hp a 20 hp de potencia siendo el área de elaboración de azúcar quien tiene el número mayor de instalación y uso de estas máquinas.

Actualmente se puede observar varios inconvenientes en el funcionamiento de los motores eléctricos debido a que no se cuenta con los equipos y/o dispositivos necesarios para determinar sus parámetros de funcionamiento y mediante la cual se pueda detectar fallas de una manera más sencilla, a esto se le añade el deterioro de la mayoría de las instalaciones eléctricas lo cual constituye un problema constante durante las jornadas de producción.

Azucarera del Norte ha aumentado el uso de número de motores eléctricos, a tal punto que han incrementado su mantenimiento o reparación, haciendo más urgente la necesidad de su reparación con pruebas de valores de medición más exactas en el taller eléctrico de dicha empresa, generando grandes demandas en reparaciones y/o mantenimientos.

Figura 11: Motores eléctricos de ANORSAC



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Área de molienda:


Es el área de extracción del jugo de la caña, cuenta con 20 motores eléctricos hasta 20 hp, los problemas mayormente ocasionados en esta área respecto a motores eléctricos son las sobrecargas eléctricas por la misma dureza de la caña de azúcar. A continuación se presenta un cuadro con los motores que se sitúan en esta área.

Figura 12: Área de molienda



Motores del área de molienda:

Tabla 1: Motores del área de molienda:

 MOTORES	Potencia (HP)	Intensidad Nominal (A)	Tensión (V)	Corriente de funcionamiento (A)	Frecuencia (Hz)
Jalador de plancha	1	1.2	458	0,8	60
Motor de traslación longitudinal N° 1	5	6	460	4,8	60
Motor de traslación longitudinal N° 2	5	6	460	5,2	60
Motor de traslación transversal	2.5	3.8	456	2,7	60
Dopnelly N° 1	9	10.8	458	8,6	60
Dopnelly N° 2	10	12	460	8,9	60
Dopnelly N° 3	10	12	460	9,2	60
Dopnelly N° 4	9	10.8	456	6,5	60
Conductor de caña desfibrada	15	18	460	11,4	45
Bomba de jugo sucio N° 1	15	18	459	9	60
Bomba de jugo limpio N°1	15	18	460	13,6	60
Bomba de jugo limpio N°2	18	21.6	458	17	60
Bomba de jugo residual N°1	15	18	460	12,8	60
Bomba de jugo residual N°2	15	18	460	12,2	60
Bomba de jugo residual N°3	15	18	459	14,1	60
Bomba de presión hidráulica	7.5	9	458	6,3	60
Kicker	10	12	460	5,5	60
Filtro Tromel	2.4	2.9	457	1,8	25
Nivelador N° 1 de Mesa	15	18	460	7,6	40
Conductor de caña picada I FASE 12.4	18	21.6	458	12,8	48

Fuente: Elaboración propia

De estos 20 motores eléctricos que se encuentran en esta área los que generalmente ingresan a reparación según informe del área de mantenimiento son los siguientes:

Conductor de caña desfibrada:

Es el motor que cumple la función de transportar la caña desfibrada, desde la maquina desfibadora hasta el dopnelly N°1.

Dopnelly N°1:

Cumple la función de elevador de caña desfibrada hacia el molino N°1, por ser el primer elevador de caña desfibrada es el motor que está expuesto a muchos atoros.

Motor de jugo residual N°1:

Cumple la función de accionar una bomba centrífuga para bombear el jugo residual que es extraído en el molino N°5 y conducirlo hasta el molino N°1 para que vuelva a circular por los molinos.

Conductor de caña picada:

Tiene como funcionamiento conducir la caña picada que va saliendo del picador de caña y llevarla hasta el desfibrador.

Filtro tromel:


Cumple la función de accionar un filtro rotatorio al cual le llega el jugo limpio y le separa las impurezas que pueda contener.

3.1.3 Área de calderas:

Área donde se genera el vapor, cuenta con 11 motores eléctricos hasta 20 hp, los motores de esta área son los que más actividad ejecutan, motivo por el cual constantemente se les realiza su mantenimiento, a pesar de ello siempre se presentan fallas durante su operación; otro de los inconvenientes presentados en esta área que afectan los motores eléctricos son el polvo, la corrosión y las altas temperaturas que impiden la ventilación ya que al cubrir las superficies evita el rápido enfriamiento, todos estos aspectos afectan principalmente al bobinado y los rodamientos de los motores eléctricos de esta área, siendo las fallas comunes que repentinamente se producen.

Motores del área de calderas

Tabla 2: Motores del área de calderas

 MOTORES	Potencia (HP)	Intensidad Nominal (A)	Tensión (V)	Corriente de funcionamiento	Frecuencia (Hz)
Conductor auxiliar	15	18	460	10,7	28
Transportador de bagacillo a filtro	10	12	460	3,9	60
Bomba a toberas filtro de cachaza	10	12	459	9	60
Agua condensada caldera N° 1	7.5	9	460	6,8	60
Agua condensada caldera N° 2	7.5	9	458	5,6	60
Desaereador N° 1	6.6	7.9	458	7,2	60
Desaereador N° 2	15	18	460	8,6	60
Ablandador N° 1	4.8	5.76	459	4,1	60
Ablandador N° 2	5	6	460	4,3	60
Bomba despacho de melaza	20	24	458	18,2	60
Bomba sumergible de fabrica	15	18	460	16,4	45

Fuente: Elaboración propia

En esta área los motores que siempre presentan problemas y requieren reparación o mantenimiento son los siguientes:

Conductor auxiliar: Cumple la función de conducir el bagazo seco hacia las calderas.


Desaereador N°1 y 2: Son motores que cumplen la función de accionar bombas centrífugas para bombear agua a unos tanques que se encuentran en la parte superior de las calderas.

3.1.4 Área de elaboración:

Área donde se procesa el jugo de la caña, cuenta con 37 motores eléctricos hasta 20 hp y es el área que mayor número de estas máquinas tiene instalados, los problemas presentados en esta área son la humedad a consecuencia de los derramamientos y/o fugas de jugo y agua en las tuberías por el mismo deterioro que poseen, estos problemas afectan principalmente el bobinado de los motores eléctricos originando que se quemen.

Motores del área de elaboración

Tabla 3: Motores del área de elaboración

 MOTORES	Potencia (HP)	Intensidad Nominal (A)	Tensión (V)	Corriente de funcionamiento (A)	Frecuencia (Hz)
Bomba de cal N°1	4.8	6	460	4,2	60
Bomba de cal N°2	5	6	460	3,8	60
Bomba de jugo filtrado N°1	6	7.2	458	5,7	60
Bomba de jugo filtrado N°2	5	6	460	5,4	60
Bomba de cachaza N°1	7.5	9	458	6,6	60
Bomba de cachaza N°2	7.5	9	458	8,1	60
Motorreductor de tk jugo encalado	5	6	460	2,9	60
Motorreductor lechado de cal N°1	3.6	4.32	459	3	60
Motorreductor lechado de cal N°2	3.6	4.32	457	3,3	60
Sinfín cachaza	1.5	1.8	460	1,3	60
Rotación tina Oliver	1.5	1.8	459	1,2	35
Agitador tina Oliver	0.5	0.6	460	0,6	60
Mezclador de bagacillo	3	3.6	460	2,2	60
Agitador de jugo clarificado	5	6	458	2,6	60
Molino de bolas	3	3.6	460	2,9	60
Motorreductor de faja transportadora de cachaza	2.3	2.8	460	1,8	60
Bomba de jarabe N°1	12.5	15	459	13,2	60
Bomba de jarabe N°2	18	21.6	460	16,5	60
Condensado a evaporador N°1	6.6	7.92	460	5,8	60
Condensado a evaporador N°2	7.5	9	460	6,9	60
Condensado a fabrica N°1	7.5	9	458	6,7	60
Condensado a fabrica N°2	7.5	9	459	5,3	60
Motorreductor agitador del semillero	5	6	460	2,1	60
Cristalizador N° 1	5	6	460	2,5	60
Cristalizador N° 2	5	6	458	3,7	60
Cristalizador N° 3	5	6	460	4,3	60
Cristalizador N° 4	5	6	460	6,3	60
Cristalizador N° 5	5	6	459	1,8	60
Cristalizador N° 6	5	6	458	4,6	60
Cristalizador N° 7	5	6	460	5	60
Cristalizador N° 8	5	6	460	1,4	60
Cristalizador N° 9	5	6	459	3,9	60
Cristalizador N° 10	5	6	459	4,4	60
Cristalizador N° 11	9	10.8	460	6,1	60
Cristalizador N° 12	12	14.4	460	8,4	60
Cristalizador N° 13	12	14	458	9,6	60
Cristalizador N° 14	5	6	460	4,6	60

Fuente: Elaboración propia

El área de elaboración es la que posee el mayor número de problemas con respecto al funcionamiento de los motores eléctricos siendo los siguientes motores los que constantemente demuestran problemas en las jornadas de producción:

Motor de jugo encalado N°1:

Cumple la función de accionar una bomba centrífuga para bombear el jugo encalado hacia los calentadores.

Motor de jugo clarificado N°1:

Cumple la función de accionar una bomba centrífuga

Agitador de cal N°1:

Es un motoreductor cuya función es agitar el cal que se encuentra en un contenedor.

Rotación de tina Oliver:

Cumple la función de darle movimiento a un filtro rotatorio donde llega la cachaza para ser procesada para los cultivos.

Motor de jarabe N°1 y 2:

Son motores que cumplen la función de accionar bombas volumétricas que bombean el jarabe hacia los cristalizadores.

Condensado a fábrica N°2:

Es el motor cuya función es accionar una bomba centrífuga que bombea agua Condensada hacia los evaporadores.

Cristalizador N°5, 6 y 7:

Son motoreductores que cumplen la función de darle movimiento a las masas que se encuentran en unos contenedores para no permitir su

endurecimiento y conservarla.

Figura 13: Área de elaboración




Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Área de centrifugas:

Es el área donde se consigue la separación de las masas en cristales y miel, dicha área cuenta con 16 motores eléctricos hasta 20 hp, los problemas presentados en esta área son el derramamiento de masas o miel que afecta directamente la carcasa de los motores eléctricos.

Área de centrifugas

Tabla 4: Área de centrifugas

 MOTORES	Potencia (HP)	Intensidad Nominal (A)	Tensión (V)	Corriente de Funcionamiento (A)	Frecuencia (Hz)
Lubricación de aceite de centrifugas continuas	1	1.2	460	0,9	60
Agitador magmero	7.5	9	460	6	60
Bomba melaza N°1	7.5	9	459	5,4	60
Bomba melaza N°2	7.5	9	460	6,2	60
Bomba magma	12.5	15	458	10,8	60
Motor agitador de masa de tercera	5	6	458	3,6	60
Sinfín de azúcar	5	6	456	4,2	60
Bomba de lubricación aceite centrifuga comercial	5	6	460	4,4	60
Batea de alimentación (lancha)	5	6	460	3,9	60
Bomba miel C-1760 rpm	12	15	460	11,7	60
Bomba miel C-1740 rpm	10	12	456	9,2	60
compresora	15	18	460	13,6	60
Secado de rotación	7.5	9	458	6,7	60
ventilador de secado	6.6	7.9	458	4,8	60
Motor elevado de cangilones Azúcar Húmeda	7	8.4	460	4,2	30
Motor elevado de cangilones Azúcar Seca	5	6	460	3,6	30

Fuente: Elaboracion propia

Dentro del area de centrifugas los motores que repentinamente ingresan al taller electrico para reparacion y/o mantenimiento son los que a continuacion se mencionan:

Agitador magmero:

Es un motoreductor que cumple la funcion de darle movimiento a la masa que es seleccionada en las centrifugas continuas.

Motor de melaza N°1:

Es un motor que acciona una bomba volumetrica para trasladar la melaza hacia las pozas de almacenamiento.


Agitador de masa tercera

Es un motoreductor cuya función es darle movimiento a la masa tercera para que no se endure y pueda ingresar a las centrifugas continuas.

A continuación se presenta un cuadro de número de fallas, con datos proporcionados por el área de mantenimiento acerca de los motores que repentinamente presentaron fallas en los últimos 30 meses.

Registro de fallas

Tabla 5: Registro de fallas

 MOTOR	ÁREA DE MOLINENDA			TOTAL DE FALLAS
	N° DE FALLAS PRESENTADAS			
	2017	2018	2019*	
Dopnelly N°1 (9 HP)	2	2	1	5
Conductor de caña desfibrada (15 HP)	1	3		4
Motor de jugo residual N°1 (15 HP)	1	2	1	4
Conductor de caña picada (18 HP)	4	3	1	8
Filtro tromel (2.4 HP)	2	2		4
ÁREA DE CALDERAS				
Conductor auxiliar (15 HP)	1	1		2
Desaerador N°1 (6.6 HP)	2	1		3
Desaerador N°2 (15HP)	1	2	1	4
ÁREA DE ELABORACIÓN				
Jugo encalado N°1 (20 HP)	1	3		4
Jugo clarificado N°1 (15 HP)	1	1		2
Agitador de cal N°1 (4.8 HP)	2	1	1	4
Rotacion tina oliver (1.5 HP)	1	2	2	5
Jarabe N°1 (12.5 HP)	2	1		3
Jarabe N°2 (18 HP)	1	1		2
Condensado a fabrica N°2 (7.5 HP)	1	1		2
Cristalizador N°5 (5 HP)		2	1	3
Cristalizador N°6 (5 HP)	2	1		4
Cristalizador N°7 (5HP)	1	1		2
ÁREA DE CENTRÍFUGAS				
Agitador magmero (7.5 HP)	2		1	3
Melaza N°1 (7.5 HP)	1	1	1	3
Agitador de masa tercera (5 HP)	1	2		3
N° TOTAL DE FALLAS PRESENTADAS				74
*Datos tomados hasta el mes de abril				

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro elaborado se pudo observar que existe un numero elevado de fallas con respecto al funcionamiento de los motores electricos, que interrumpen las jornadas laborales, afectando en forma directa la produccion.

Observando estos problemas y las perdidas de produccion muy significativas para la empresa, razon por el cual existe la necesidad de poder contar con informacion suficiente acerca de las condiciones de los parametros de funcionamiento de los motores posterior a su mantenimiento que certifiquen su estado real de operaci3n, entonces es de gran necesidad contar con un banco de pruebas que permita obtener lo mencionado anteriormente y asi probar su nivel de rendimiento en cada uno de ellos y de tal manera hacer mas eficaz y rapida la confiabilidad de los motores electricos.

Figura 14: Fallas en motores



Figura 15: Fallas de motores eléctricos



3.2 Determinar los parámetros de funcionamiento del banco de pruebas

3.2.1 Generalidades

La empresa ANORSAC cuenta con varios motores cuyas potencias van desde los 0,5 hp hasta los 20 hp, los cuales son motivo de esta investigación, garantizando y tomando como dato base para el diseño las características técnicas del motor eléctrico trifásico de la mayor potencia de este motivo de estudio (20hp).

Siendo las características principales de un motor asíncrono trifásico de marca DELCROSA que se encuentra funcionando en la empresa ANORSAC.

Tabla 6: Características técnicas de un motor eléctrico trifásico de 20 HP.

Serie	270711
Potencia (kW/HP)	15 / 20
Tensión (V)	220 / 380 / 440
Intensidad (A)	48.4 / 29 / 24.2
Frecuencia (Hz)	60
Factor de potencia (Cos ϕ)	0.89
Rendimiento (n)	89%
Factor de servicio (F.S)	1.15
Temp. ambiente (°C)	40
Revoluciones por minuto (Rpm)	3530
Clase de aislante	F
Peso (Kg)	129
Rodamiento superior	6309
Rodamiento delantero	6309

Características constructivas del motor

Longitud del motor: 620 mm

Altura del motor: 330 mm

Ancho del motor: 400 mm

Diámetro del eje: 40 mm

Longitud de la base: 300 mm

Ancho de la base: 300 mm

Para realizar los ensayos el banco de pruebas debe satisfacer las características eléctricas y mecánicas de los datos obtenidos del motor trifásico de 20 hp con un cierto índice de tolerancias.

Figura 16: Características constructivas del motor



3.2.2 Tensión

El banco de pruebas tendrá como voltaje nominal de ensayo 440 V trifásico para el sistema eléctrico de fuerza debido a que ese es el voltaje de funcionamiento de todos los motores eléctricos trifásicos de la planta, y 220 V monofásico para el sistema de mando, puesto que todo el sistema

de control también trabaja a ese voltaje.

Unidad	Voltio (V)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Voltímetro

3.2.3 Intensidad

La intensidad de corriente es otro parámetro que tendremos en este banco de pruebas y podremos realizar mediciones hasta 30 amperios puesto que los motores de 20 hp su intensidad nominal es 24.2 amperios.

Unidad	Amperio (A)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Amperímetro

3.2.4 Potencia

Las medidas de potencia nos ayudaran para descartar cualquier tipo de anomalía y determinar las perdidas en las máquinas.

En el banco de pruebas se realizara mediciones de potencia hasta 15.5 Kw (15500W)

Unidad	Watts (W)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Vatímetro

3.2.5 Frecuencia

La frecuencia es un factor importante, ya que influye directamente en la rotación del motor eléctrico. En el banco de pruebas se realizara mediciones de frecuencia hasta 60 Hertz que es la frecuencia establecida en el Perú.

Unidad	Hertz (Hz)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Frecuencímetro

3.2.6 Revoluciones por minuto

Las revoluciones por minuto es otro parámetro que mediremos en el banco de pruebas y realizaremos mediciones hasta 3600 rpm que es la máxima revolución que se puede dar en motores eléctricos trifásicos. Para mayor detalle a continuación se presenta una tabla de rpm con respecto al número de polos.

Motor	Rotación sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3600	3000
4 polos	1800	1500
6 polos	1200	1000
8 polos	900	750
10 polos	720	600
12 polos	600	500

Unidad	Revoluciones por minuto (Rpm)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Tacómetro

3.2.7 Torque

Desde el punto de vista técnico, el torque M de una fuerza en relación a un eje es el producto de la fuerza multiplicada por la distancia del punto de aplicación de la fuerza con respecto al eje.

En el banco de pruebas realizaremos medidas de torque de hasta 45 Nm.

Unidad	Newton metro (Nm)
Instrumento que se emplea para medir este parámetro	Sensor de torque

3.2.8 Construcción de la Estructura Metálica

Según datos obtenidos del soliwords esta estructura se construirá en su totalidad de hierro, para lo cual se utilizara tubo cuadrado de 1 pulgada de 2mm de espesor, un cuarto de plancha de 6mm.

La estructura está soportada sobre cuatro niveladores de piso y su movilidad se realiza sobre dos ruedas principales.

También cuenta con dos cajones para guardar los accesorios de este banco en esta estructura se halla implementada la totalidad de equipos y dispositivos que hacen operar a este banco bajo los requerimientos del técnico operador.

Diseño Propuesto para la Construcción del Banco de Pruebas

Se realiza la construcción del eje principal y los soportes necesarios para acoplar en las chumaceras de pared y en la chumacera de piso, esta chumacera tiene un diseño especial, ya que sobre ella se acopla el soporte del sensor de RPM.

Eje Central y Chumacera



3.3 Dimensionar los diversos equipos electromecánicos necesarios para el banco de pruebas de motores eléctricos trifásicos hasta 20 hp.

Arranque de motor

En el banco de pruebas para el arranque del motor se debe proceder de la siguiente manera:

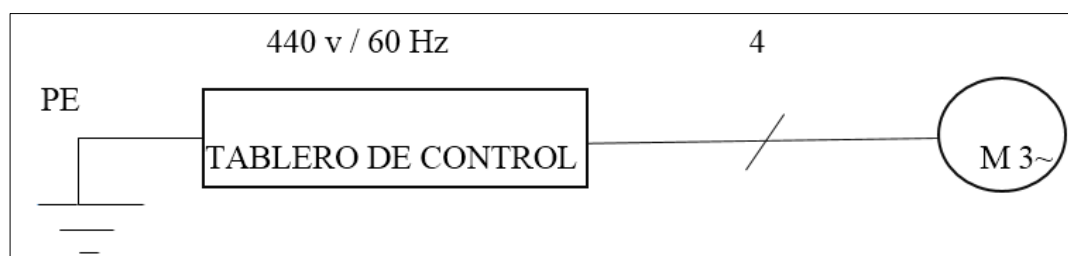
A. Para motores de hasta 10 hp, será por arranque directo

Se seleccionó este tipo de arranque porque es el recomendado para motores eléctricos de baja potencia. Para ello realizaremos el cálculo respectivo de los componentes que se emplearan en este arranque.

Cálculo de materiales para el circuito de la instalación de arranque directo.

POTENCIA	TENSIÓN	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	DISTANCIA AL TABLERO
10 HP	440 V	85%	0.85	3 m

Figura 17: Esquema uniforme de arranque directo



Fuente: Elaboración propia

A.1 Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

Es el primer y principal cálculo para realizar el dimensionamiento de los componentes empleados en el circuito eléctrico del arranque de un motor eléctrico.

$$I_n = \frac{HP * 746}{\sqrt{3} * V * n * \cos \theta}$$
$$I_n = \frac{10 * 746}{1.73 * 440 * 0.85 * 0.85}$$
$$I_n = 12.5 A$$

* I_n = Intensidad Nominal

A.2 Selección del disyuntor motor

Es el dispositivo que protegerá el circuito de fuerza, contra los cortocircuitos.

La selección del disyuntor motor se realiza en función de la corriente nominal del motor; se optó por seleccionar un guardamotor magnetotérmico GV2P20 de la marca Schneider electric, por su rápida clase de disparo ante cualquier cortocircuito o sobrecarga y su sensibilidad ante la pérdida de una fase en el motor eléctrico.

$$I_d > I_n \quad I_d > 12.5 A$$
$$I_d = 12.5 * 1.25$$
$$I_d = 15.6 A$$

A.3 Selección del contactor electromagnético

Es un dispositivo electromecánico que nos va a permitir entrelazar el circuito de fuerza entre la red de alimentación y el motor eléctrico, se seleccionó el contactor LCD1D18M7 de la marca Schneider electric por contar con la aprobación conforme a los estándares IEC 60947-5-1 y por su perfecta integración en el sistema de control.

Se selecciona en base a la corriente nominal del motor.

$$I_k > I_n \quad I_k > 12.5 \text{ A}$$

$$I_k = 12.5 * 1.2$$

$$I_k = 15\text{A}$$

A.4 Selección del relé térmico diferencial

Es un dispositivo que cumplirá la función de proteger el motor eléctrico contra las sobrecargas y para su regulación se tendrá en cuenta entre un mínimo y un máximo de amperaje del motor. Se optó por seleccionar el relé térmico diferencial LRD12M7 de la marca Schneider electric por contar con la aprobación conforme a los estándares UL508, IEC 60947-4-1 y su rápida sensibilidad de disparo ante la ausencia de una fase. Se selecciona en función a la corriente nominal del motor (I_n)

Índice de regulación mínimo:

$$I_{min} = I_n * 0.8 = 12.5 * 0.8 = 10\text{A}$$

Índice de regulación máximo:

$$I_{max0} = I_n / 0.8 = 12.5 / 0.8 = 15.62\text{A}$$

Normalizado tenemos el relé térmico de 12 – 18 A

A.5 Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor

Seleccionaremos conductores por dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión.

- **Cálculo por capacidad de corriente:**

Observando la tabla de conductores tipo THW, tenemos una capacidad de corrientes de 20 A para la instalación en tubo que corresponde a un conductor N° 12 AWG. A este valor se le aplica los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de conductores en tubo

$$20 * 0.88 * 0.8 = 14A$$

Figura 18: Tabla datos conductores eléctricos del tipo THW

CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

El valor obtenido (14 A) es mayor que la corriente consumida por el motor a plena carga (12.5 A)

- **Cálculo por caída de tensión:**

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la tensión de línea.

$$S = \frac{0.0309 * I * L * \cos \theta}{3.31 * 440}$$

Tomaremos como referencia el conductor que se obtuvo en el cálculo por capacidad de corriente: conductor N° 12 AWG, Tipo THW, Sección 3.31 mm²

$$\%V = \frac{0.0309 * 12.5 * 35 * 0.85}{3.31 * 440} * 100$$

$$\%V = 1.4\% < 3\%$$

Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el N° 12 AWG, tipo THW. El conductor de protección (PE) también será del mismo calibre.

Se seleccionó el conductor del tipo THW de la marca INDECO por ser resistente al calor y la humedad, buena resistencia dieléctrica y ser retardante a la llama.

A.6 Selección de la tubería

La tubería nos permitirá llevar los conductores eléctricos de una forma ordenada desde el tablero hacia el motor.

El diámetro de la tubería la obtenemos de la tabla N°4

Para 4 conductores N°12 AWG le corresponde un diámetro de tubo ¾".

Se optó por seleccionar tuberías del tipo EMT conduit de la marca Yoya por su gran capacidad de durabilidad, bajo nivel de corrosión y sobre todo no propaga la llama en caso de algún cortocircuito.

A.7 Selección de la protección del sistema de control

El disyuntor de control que nos va permitir proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas; se seleccionó el interruptor termomagnético bipolar A9F74310 de la marca Schneider Electric por ofrecer protección contra corrientes de cortocircuitos y sobrecargas y su adecuación para aislamiento industrial según la norma UNE-EN 60947-2.

$I_{DC} = 1 \text{ A}$

A.8 Selección de los pulsadores de marcha y paro.

Son los componentes de mando que nos permitirán darle funcionamiento o parada a los circuitos de control y potencia.

01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.

01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.

A.9 Selección de las lámparas de señalización

Son los elementos que nos van a dar señalización si el circuito está funcionando con normalidad o hubo alguna interrupción.

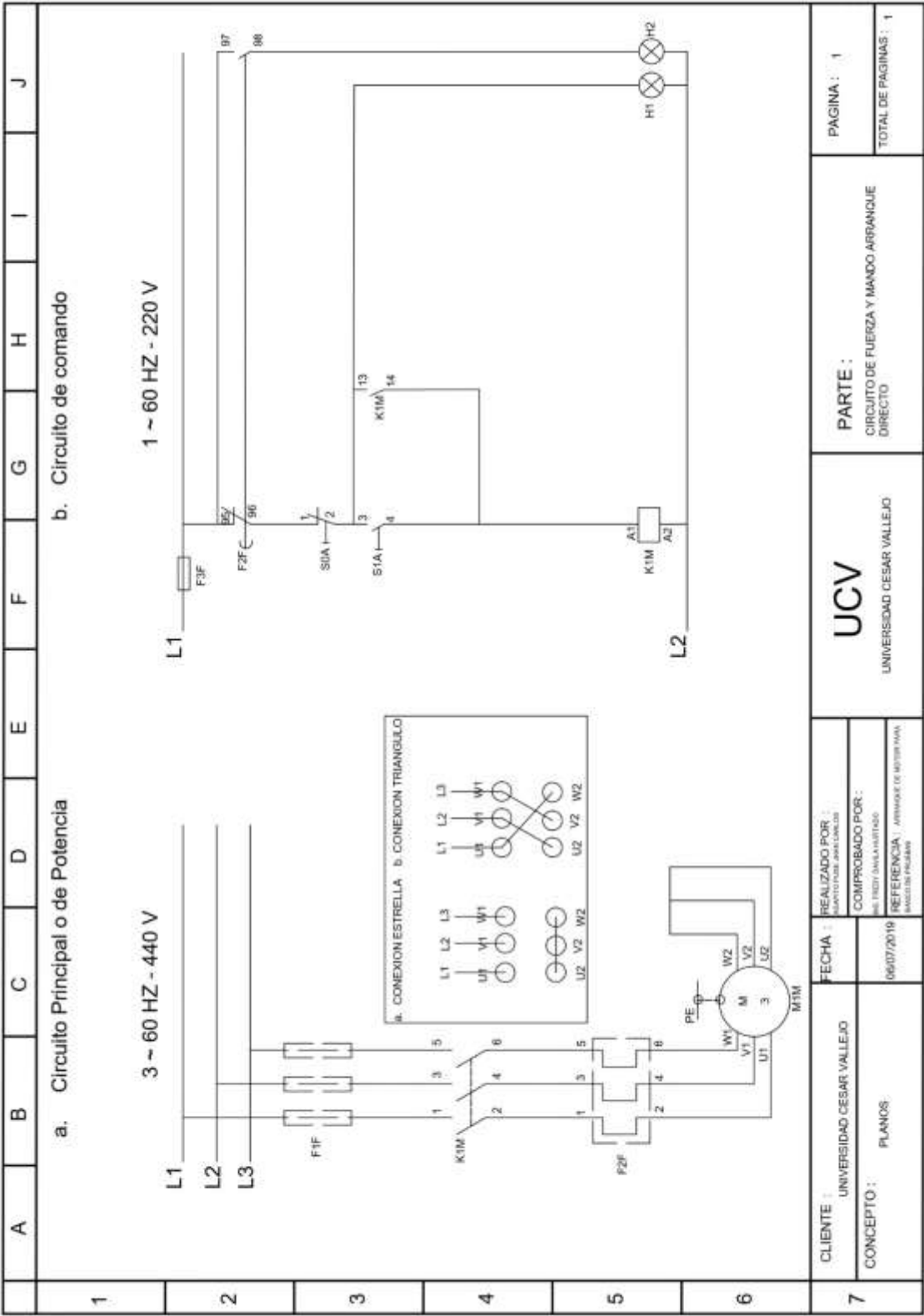
01 lámpara de señalización, color verde, 220 v / 60 Hz.

01 lámpara de señalización, color rojo, 220 v / 60 Hz.

A.10 Selección de los conductores del sistema de control.

El conductor recomendado para el cableado del sistema de control es el THW N° 16 AWG de la marca Indeco por ser resistente al calor y la humedad, buena resistencia dieléctrica y ser retardante a la llama.

Esquema de arranque directo



Fuente: Elaboración propia

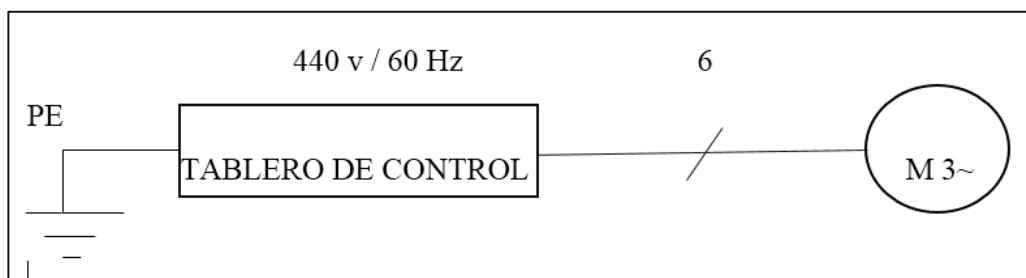
- B. Para motores por encima de los 10 hp hasta 20 hp, el arranque será del tipo estrella – triángulo.**

Se optó por utilizar este sistema de arranque para motores eléctricos mayores a 10 hp puesto que nos ofrece la ventaja de disminuir la intensidad de arranque.

Cálculo de materiales para el circuito de arranque estrella – triángulo.

POTENCIA	TENSION	EFICIENCIA	FACTOR DE POTENCIA	DISTANCIA AL TABLERO
20 HP	440 V	89%	0.89	3 m

Figura 19: Esquema unifilar de arranque λ-Δ



Fuente: Elaboración propia

B.1 Cálculo de la corriente nominal del motor (I_n)

$$I_n = \frac{HP * 746}{1.73 * V * \eta * \cos \theta}$$

$$I_n = \frac{20 * 746}{1.73 * 440 * 0.89 * 0.89}$$

$$I_n = 24.75 \text{ A}$$

B.2 Cálculo de la corriente de fase del motor (If)

En conexión triángulo: $I_f = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{24.75}{1.73} = \mathbf{14.30\ A}$

B.3 Selección del disyuntor motor

Se optó por seleccionar el guardamotor magnetotérmico GV2P32 de la marca Schneider electric, por su rápida clase de disparo ante cualquier cortocircuito o sobrecarga y su sensibilidad ante la pérdida de una fase en el motor eléctrico.

$$I_d > I_n \quad I_d > 24.75\text{A}$$

$$I_d = 24.75 * 1.25$$

$$I_d = 30.93\text{ A}$$

* I_d =Intensidad del disyuntor

B.4 Selección de los contactores electromagnéticos

Se seleccionó el contactor principal (KP) y contactor triángulo (KT) LCD1D18M7 de la marca Schneider electric por contar con la aprobación conforme a los estándares IEC 60947-5-1 y por su perfecta integración en el sistema de control. Se seleccionan en función de la corriente de fase del motor.

$$I_{kP} = I_{kT} > I_f \quad I_{kP} = I_{kT} > 14.30\text{ A}$$

$$I_{kP} = 14.30 * 1.2$$

$$I_{kP} = 17.16\text{A}$$

* I_{kP} = Intensidad del contactor principal

I_{kT} =Intensidad del triángulo

I_f = Intensidad del post

Recurriendo al catálogo Schneider seleccionaremos:

KP: 01 Contactor de 18 A, con bobina de 220 v / 60 Hz y un contacto auxiliar normalmente abierto.

KT: 01 Contactor de 18 A, con bobina de 220 v / 60 Hz y un contacto auxiliar normalmente cerrado.

Contactor estrella (KE)

Se selecciona con el 33% de la corriente nominal

$$IkE = 33\% In$$

$$IkE = 24.75 * 0.33$$

$$IkE = 8.16 A$$

*IkE= Intensidad del Contactor estrella

KE: 01 Contactor LC1D12M7 Schneider electric, con bobina de 220 v / 60 Hz y un contacto auxiliar normalmente cerrado.

B.5 Selección del relé térmico diferencial

Es un dispositivo que cumplirá la función de proteger el motor eléctrico contra las sobrecargas y para su regulación se tendrá en cuenta entre un mínimo y un máximo de amperaje del motor. Se optó por seleccionar el relé térmico diferencial LRD12M7 de la marca Schneider electric por contar con la aprobación conforme a los estándares UL508, IEC 60947-4-1 y su rápida sensibilidad de disparo ante la ausencia de una fase.

Se selecciona en función de la corriente de fase del motor (If)

Índice de regulación mínimo:

$$Imin = In * 0.8 = 14.30 * 0.8 = 10A$$

Índice de regulación máximo:

$$I_{max} = I_n / 0.8 = 14.30 / 0.8 = 15.62 A$$

B.6 Selección de los conductores de alimentación del tablero al motor

Seleccionaremos conductores por dos métodos: por capacidad de corriente y por caída de tensión. Del motor al tablero irán 7 conductores (6 conductores de alimentación y 1 de protección), de igual sección.

- **Cálculo por capacidad de corriente:**

Observando la tabla de conductores tipo THW, tenemos una capacidad de corrientes de 30 A para la instalación en tubo que corresponde a un conductor N° 10 AWG. A este valor se le aplica los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de conductores en tubo

$$30 * 0.88 * 0.7 = 14.48 A$$

El valor obtenido (18,48A) es mayor que la corriente de fase del motor (14,75 A)

Conductor N° 10 AWG (Sección: 5,26 mm²).

- **Cálculo por caída de tensión:**

La caída de tensión máxima permitida es del 3% de la tensión de línea.

$$S = \frac{0.0309 * I * L * \cos \theta}{S * V} * 100$$

Tomaremos como referencia el conductor que se obtuvo en el cálculo por capacidad de corriente: conductor N° 10 AWG, Tipo THW, Sección 5,26 mm²

$$\%V = \frac{0.0309 * 14.75 * 3 * 0.85}{5.26 * 440} * 100$$

$$\%V = 1.4 \% < 3\%$$

Por lo tanto, el conductor seleccionado para instalar el motor es el N° 10 AWG, tipo THW. El conductor de protección (PE) también será del mismo calibre.

Se seleccionó el conductor del tipo THW de la marca INDECO por ser resistente al calor y la humedad, buena resistencia dieléctrica y ser retardante a la llama.

B.7 Selección de la tubería

El diámetro de la tubería la obtenemos de la tabla N°4

Para 7 conductores N° 10 AWG le corresponde un diámetro de tubo 1". Se optó por seleccionar tuberías del tipo EMT conduit de la marca Yoya por su gran capacidad de durabilidad, bajo nivel de corrosión y sobre todo no propaga la llama en caso de algún cortocircuito.

B.8 Selección de la protección del sistema de control.

El disyuntor de control que nos va permitir proteger los circuitos de control y auxiliares contra cortocircuitos y sobrecargas; se seleccionó el interruptor termomagnético bipolar A9F74310 de la marca Schneider electric por ofrecer protección contra corrientes de cortocircuitos y sobrecargas y su adecuación para aislamiento industrial según la norma UNE-EN 60947-2

$$I_{DC} = 1 \text{ A}$$

B.9 Selección de los pulsadores de marcha y paro.

01 pulsador con contacto normalmente abierto, color verde.

01 pulsador con contacto normalmente cerrado, color rojo.

01 lámpara de señalización, color verde, 220 v / 60 Hz.

01 lámpara de señalización, color rojo, 220 v / 60 Hz.

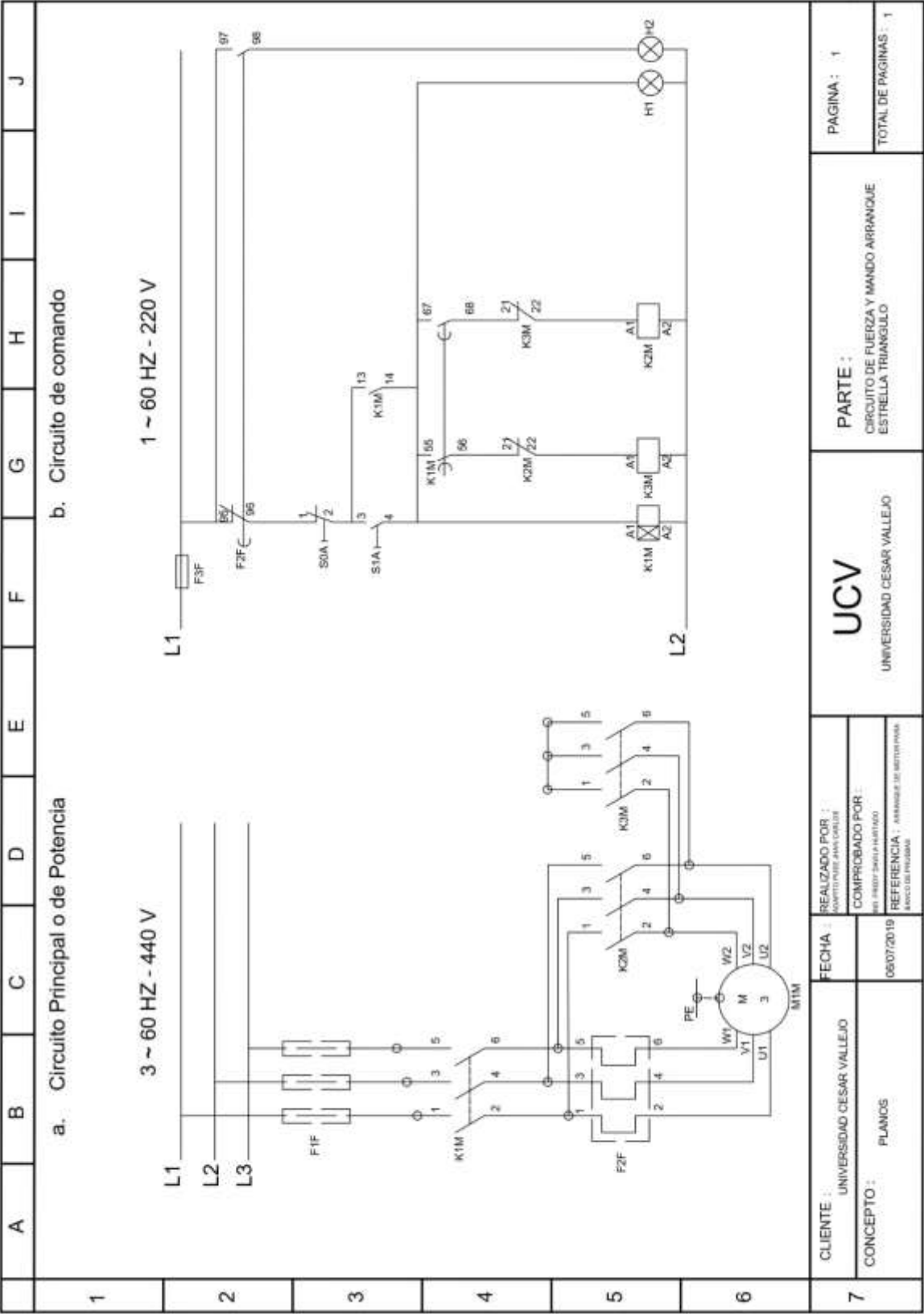
01 temporizador ON Delay, regulación 0-30 segundos.

Conductor N° 16 AWG

Borneras.

Marcadores tipo clic.

Esquema de arranque Δ-Δ



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Selección del tablero eléctrico de fuerza

En el tablero de fuerza se sitúa el interruptor termomagnético principal, dos guardamotores magnetotermicos empleados para la protección de los motores, un interruptor termomagnético para el freno dinamométrico, cinco contactores electromagnéticos (4 contactores para motores y 1 contactor para el freno dinamométrico), tomando las dimensiones de cada componente y dejando un espacio entre cada circuito por razones de seguridad y también para facilitar el trabajo del operador se ha llegado a seleccionar un tablero mural de acero IP66 NSYCRN108300, el mismo que cumple con los estándares IEC 62208, NEMA 4 Y NEMA 12, es resistente a la corrosión, al impacto mecánico externo y tiene buen nivel de aislamiento.

Figura 20: Tablero eléctrico



Fuente: Schneider Electric

3.3.3 Selección de los equipos de medición

Para seleccionar los instrumentos de medición nos basamos en los criterios mencionados en el objetivo 2, inciso (3.2.3 - 3.3.6) para ello en el banco de pruebas necesitamos contar con equipos de medición como es un voltímetro, amperímetro, vatímetro, frecuencímetro, tacómetro y torquímetro.

En la actualidad con el avance de la tecnología la electrónica se ha ido

expandiendo y desarrollando notablemente en el campo industrial, muestra de ello son los instrumentos de medición automatizados que permiten realizar mediciones con precisión y rapidez.

En el banco de pruebas para no tener separadamente los equipos de medición, por razones de espacio y ahorro existe un equipo multímetro electrónico **PCE-PA 6000** con interfaz RS 232 y software de valoración para analizar la potencia de consumo / con certificado de calibración ISO.

El mismo que permite medir tensión, corriente, potencia y frecuencia dentro de los rangos que están seleccionados para el banco de pruebas.

Medidor de voltaje

Dicho instrumento va a estar dentro del rango de medición de 0,1 hasta 600v Las mediciones de voltaje que se realizaran en el banco de pruebas serán de $440\text{ V} \pm 10\%$ según norma técnica 6034-I.

Medidor de corriente

La máxima intensidad que el instrumento va a medir es 30 amperios de acuerdo a lo estipulado en el objetivo 2 inciso (3.2.4)

Medidor de potencia

La medición de potencia que el instrumento va a realizar es hasta 15.5 kW (15500W), estipulado también en el objetivo 2 inciso (3.2.5)

Medidor de frecuencia

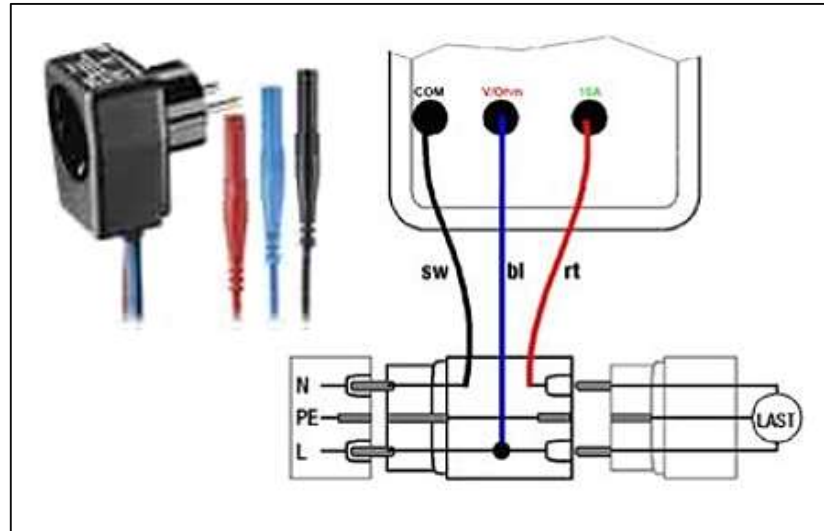
El instrumento va a realizar mediciones de frecuencia hasta 60 Hertz que es la frecuencia establecida en el Perú.

Multímetro PCE-PA 6000- ICA

El multímetro PCE-PA 6000-ICA es un instrumento de mesa que mide la potencia efectiva, la potencia aparente, el factor de potencia, el consumo energético, la corriente y la tensión alterna, la corriente y la tensión

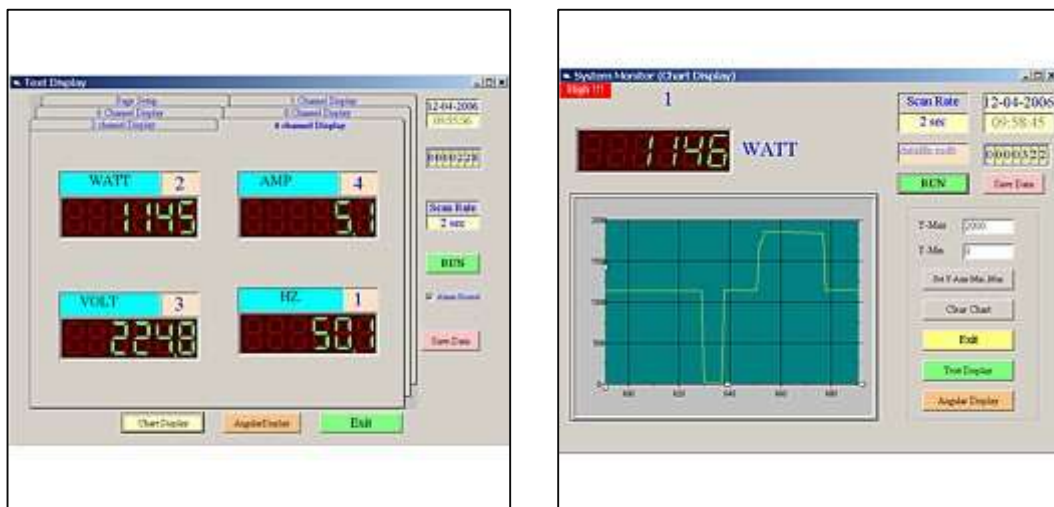
continua, la resistencia y la frecuencia.

Figura 21: Multímetro PCE-PA 6000- ICA



Fuente: Schneider Electric

La imagen muestra el adaptador de corriente opcional PCE-PA-ADP



Las imágenes superiores muestran el software de análisis que se envía con el medidor de potencia. Se pueden representar 4 valores de medición a la vez y el indicador gráfico permite realizar cómodamente grabaciones de larga duración que podrá ser valoradas a posteriori.

Especificaciones técnicas

Medición de potencia real (AC, potencia de valor real), medición directa

Rango de medición	1 W ... 6 kW
Resolución	< 1000 W : 0,1 W > 1000 W : 1 W
Precisión	±1,5 % + 1 dgt

Medición de potencia real (AC, potencia de valor real), con adaptador ext. o conversor de corriente

Rango de medición	1 W... 999,99 kW
Resolución	... 999,9 W : 0,1 W ... 9.999 W : 1 W ... 99,99 kW : 0,01 kW ... 999,99 kW : 0,1 kW
Precisión	±1,5 % + 1 dgt

Medición de potencia aparente (AC)

Rango de medición	0,01 VA... 9,999 kVA
Resolución	... 99,9 VA : 0,01 VA ... 999,9 VA : 0,1 VA ... 9.999 VA : 1 VA
Precisión	±2 % + 2 dgt.

Factor de potencia (cos φ)

Rango de medición	0,00... 1,00
Resolución	0,01
Precisión	±1,5 % + 2 dgt.

Contador de KWh

Rango de medición	0,001 Wh... 9999 kWh
-------------------	----------------------

Resolución	0,001	...	9,999	Wh	:	0,001	Wh
	10,00	...	99,99	Wh	:	0,01	Wh
	100,0	...	999,9	Wh	:	0,1	Wh
	1000	...	9999	Wh	:	1	Wh
	10 K	...	99,99 K	Wh	:	10	Wh
	100 K	...	999,9 K	Wh	:	100	Wh
	1000 K	...	9999 K	Wh	:	1 K	Wh
Precisión	$\pm 1,5\% + 2 \text{ dgt.}$						

ACV / DCV

Rango de medición	0,1 V... 600 V						
Resolución	0,1	...	299,9	V	:	0,1	V
	300 ... 600 V : 1 V						
Precisión	DCV	:	± 1	%	+	1	dgt.
	ACV (<10 V)	:	± 1	%	+	7	dgt.
	ACV (11 ... 100 V)	:	± 1	%	+	5	dgt.
	ACV (otros rangos)	:	± 1	%	+	1	dgt.

ACA eff/rms / DCA eff/rms, medición directa

Rango	de	medición					
-	ACA	eff/rms	0,05	...	10	A	
-	DCA eff/rms	0,01 ... 10 A					
Resolución	-	ACA	eff/rms	0,05	...	1,999	A : 1 mA
				2,00	...	10,00	A : 10 mA
-	DCA eff/rms	0,01 ... 10,00 A : 10 mA					
Precisión	-	ACA	eff/rms	± 1	%	+	3 dgt.
	-	DCA eff/rms	$\pm 1\% + 1 \text{ dgt.}$				

ACA eff/rms / DCA eff/rms, con adaptador

Rango de medición	
- ACA eff/rms	1 ... 1000 A
- DCA eff/rms	1 ... 1000 A
Resolución	
- ACA eff/rms	< 20 A : 0,01 A
	20 ... 199,9 A : 0,1 A
	200 ... 1000 A : 1 A
- DCA eff/rms	... 1000 A : 1 A
Precisión	
- ACA eff/rms	$\pm 1\%$ + 3 dgt.
- DCA eff/rms	$\pm 1\%$ + 1 dgt.
ACA con pinza	hasta 2000 A (según la pinza)

Frecuencia

Rango de medición	10,0... 999 Hz
Resolución	10 ... 99,9 Hz : 0,1 Hz
	100 ... 999 Hz : 1 Hz
Precisión	$\pm 1\%$ + 1 dgt.

Ohmios

Rango de medición	1 Ω ... 19,99 k Ω
Resolución	0 ... 9,999 Ω : 1 Ω
	10 ... 19,99 k Ω : 10 Ω
Precisión	$\pm 1\%$ + 1 dgt.

Especificaciones técnicas generales

Pantalla	LCD multifuncional de 93 x 52 mm
Condiciones ambientales	Máx. 80 % H.r. / 0 ... +50 °C
Alimentación	6 x pilas AA de 1,5 V o con adaptador a la red
Dimensiones	280 x 210 x 90 mm

Peso

1600g

Figura 22: Voltimetro PCE-PA-6000



3.3.4 Selección del Freno dinamométrico de corrientes parasitas

Emplearemos este freno para la determinación del torque y el máximo torque que el banco de pruebas va a medir es de 45 Nm estipulado también en nuestro objetivo 2; realizando la revisión dentro de la gama de catálogos se optó por seleccionar un freno de histéresis modelo VARIMATIC DM, puesto que cumple con las condiciones que se requieren en el banco de pruebas.

Este freno también permite medir las rpm del motor eléctrico.

Modelo: “VARIMATIC DM”

Potencias disponibles: Para motores eléctricos y/o de combustión interna entre 1 HP y 150 HP. Velocidades máximas hasta 12000 rpm de acuerdo a la potencia.

Alimentación del control: 220 V / 50 Hz ó 60 Hz.



Figura 23: VARIMATIC DM

3.3.5 Selección de la computadora

En el banco de pruebas se hace necesario contar con una computadora para la visualización de las curvas características y lectura de los parámetros proporcionados por el multímetro **PCE-PA 6000** con interfaz RS 232 a través de su software de valoración.

El freno dinamométrico también enviara los parámetros medidos a la computadora para impresión de las curvas de torque y potencia en función de la velocidad y guardar en disco rígido toda información de los ensayos. Realizando el análisis respectivo de los catálogos de computadoras se ha optado por seleccionar la laptop Lenovo ideapad 320-15Lkb.

Características

- Cuenta con un excelente rendimiento gracias a su procesador Intel i7 de última generación.
- 8GB de memoria RAM (suficiente para mantener varios programas abiertos).
- 1TB de disco duro para guarda información.
- Sus gráficos son en HD FULL.
- Sistema operativo Windows 10 home de 64 bits.
- Duración de la carga de batería aproximadamente de 8 horas.

- Pantalla de 15.6 pulgadas.
- Resolución de pantalla es de 1366x768 pixeles.
- Potencia de sus bocinas es de 3Watts.
- Incluye puertos HDM, USB 3.1, USB 2.0, USB 3.
- Super ligera y fácil de transportar a todos lados.
- La definición de la imagen es de calidad excelente, también puedes ver tus películas favoritas en definición HD.
- Mejor portátil para estudiantes de diseño gráfico.
- Una de las mejores portátiles para estudiantes de ingeniería.

Figura 24: Laptop



3.3.6 Selección del tecle eléctrico

En el banco de pruebas se hace necesario un equipo que pueda levantar los motores eléctricos hacia la bancada para realizar los ensayos en el banco de pruebas, para ello nos basamos en los criterios mencionados en el objetivo 2, (ítem 3.2.1), donde se especifica el mayor peso el cual corresponde al motor eléctrico trifásico de 20 hp y es 129 kg.

Revisando toda la gama de catálogos y por cuestiones de espacio, precio y calidad se optó por seleccionar un tecle eléctrico modelo EH300D de la marca Bauker con una capacidad de carga de 150-300kg, el cual cumple

con todas las características para satisfacer las necesidades requeridas en el banco de pruebas.

Características	
Atributo	Detalle
Marca	Bauker
Tipo	Tecle eléctrico
Uso	Intermedio
Capacidad	300/150 Kg
Potencia	550 W (220V)
Velocidad	5 mt/m o 10mt/m
Recorrido máximo	6 / 12 m
Procedencia	China
Peso	15 Kg
Modelo	EH300D
Garantía	3 años
Medidas	Ancho 24 cm, Profundidad 14.5 cm, Alto 29 cm
Características	Levanta carga de 300 kilos con sistema de polea. Levanta carga de 150 kilos sin sistema de polea. Interruptor de accionamiento a distancia. Mango ergonómico.

Figura 25: Tecle eléctrico



3.3.7 Selección del sistema de protección eléctrica

El banco de pruebas tendrá su sistema de protección eléctrica, y sus señalizaciones respectivas para evitar accidentes.

Para ello se construyó dos sistemas de puesta a tierra:

a) Sistema de puesta a tierra para el sistema de fuerza

Este sistema de puesta a tierra está destinado a la protección del sistema eléctrico de fuerza, la protección del motor eléctrico trifásico y el freno dinamométrico de corrientes parasitas.

Para este sistema se ha optado por seleccionar una varilla de cobre electrolítico de $\frac{3}{4}$ X 2.4 mt de la marca tkl, por presentar alta conductividad eléctrica y tener alta resistencia a la corrosión.

b) Sistema de puesta a tierra para el sistema de mando y los equipos electromecánicos

Este sistema de puesta a tierra está destinado a la protección del sistema eléctrico de control y el aterramiento de cada uno de los equipos, electromecánicos que conforman el banco de pruebas. También le brinda protección al personal en caso de un cortocircuito o falla a tierra.

Para este sistema se ha optado por seleccionar una varilla de cobre electrolítico de $\frac{3}{4}$ X 2.4 mt de la marca tkl, por presentar alta conductividad eléctrica y tener alta resistencia a la corrosión.

3.4 Elaborar un protocolo de pruebas de los motores eléctricos.

El protocolo de pruebas es la hoja en donde se especifican los valores de los parámetros ya medidos que se van a certificar, los cuales acreditan que el motor eléctrico trifásico estuvo sometido a un ensayo.

En la empresa Azucarera del Norte se hace necesario tener un protocolo de pruebas para colocar allí las anotaciones de los valores provenientes de las mediciones realizadas en el banco de pruebas y de tal manera certificar que el mantenimiento o reparación ha sido correctamente realizado; por lo tanto es de gran importancia puesto que permite corroborar y verificar que los parámetros medidos se encuentren en el rango y límite igual a los de un motor nuevo o en óptimas condiciones.

Para unificar criterios o para realizar una adecuada medición se deben respetar ciertos procedimientos que el técnico u operador del banco de pruebas debe tenerlos en cuenta.

3.4.1 Métodos o procedimientos para las mediciones en el banco de pruebas

Antes de proceder a realizar las mediciones el técnico u operador debe colocarse sus EPP, realizar una limpieza de los elementos del banco de pruebas, así como verificar que las instalaciones estén correctamente conectadas, respetando en todo momento las medidas de seguridad.

Medición de tensión

Para medir la tensión se deben seguir los siguientes procedimientos:

Paso 1: Se debe medir directamente la tensión de entrada en el interruptor termomagnético principal del banco de pruebas.

Paso 2: Se le da arranque al motor eléctrico trifásico accionando el pulsador S1 si es un motor menor o igual a 10hp, o accionando el pulsador S3 si es un motor con una potencia mayor de 10 hp.

Paso 3: Se acciona el pulsador S5 el mismo que permitirá poner en funcionamiento el freno de histéresis.

Paso 4: Realizar las mediciones en las fases del motor usando el interruptor (3-3) del instrumento de medición PCE-PA6000 para cambiar a rangos de medición de tensión.

U-V, V-W, U-W (Para motores de hasta 10 hp)

U-V, V-W, U-W, X-Y, Y-Z, Z-X (Para motores mayores de 10 hp)

NOTA: En caso de querer realizar el ensayo del motor en vacío no accionar el pulsador S5.

Medición de corriente

Paso 5: Se debe medir la corriente absorbida por el motor en cada una de sus fases usando el interruptor (3-3) del instrumento de medición PCE-PA6000 y cambiar a rango de medición de corriente.

Medir en las fases U, V, W (Para motores de hasta 10 hp)

Medir en las fases U, V, W, X, Y, Z (Para motores mayores de 10 hp)

Medición de potencia

Paso 6: Para medir la potencia entregada por el motor se debe usar el interruptor (3-7) del instrumento de medición PCE-PA6000 y seleccionar el rango de potencia activa.

Medición de frecuencia

Paso 7: Se debe medir la frecuencia de la red proporcionada al motor usando el interruptor (3-9) del instrumento de medición PCE-PA6000 y cambiar a rango de medición de frecuencia.

Medición de revoluciones por minuto

Paso 8: Para medir las rpm el sensor magnético se colocara con dirección al eje del motor y los valores se podrán observar en la pantalla de la computadora

Medición de torque

Paso 9: Para medir el torque el sensor tipo celda de carga se colocara con dirección al eje del motor y los valores de lectura también se podrán observar en la pantalla de la computadora.

Paso 10: Accionar los pulsadores S2, S4 Y S6 para desactivar los circuitos y el apagador del motor eléctrico, así como también la desactivación del freno de histéresis.

Luego de haber realizado las mediciones respectivas y para realizar una certificación es necesario tener un protocolo de pruebas.

A continuación mostramos el modelo de protocolo de pruebas para cada una de las mediciones.

**Protocolo de pruebas para motores eléctricos trifásicos de la Empresa
Azucarera del Norte S.A.C**


Código de identificación del motor

DATOS DE LA PLACA DEL MOTOR	
Serie	
Potencia (kW/HP)	
Tensión (V)	
Intensidad (A)	
Frecuencia (Hz)	
Factor de potencia (Cos ϕ)	
Rendimiento (n)	
Factor de servicio (F.S)	
Temp. ambiente (°C)	
Revoluciones por minuto (Rpm)	
Clase de aislante	
Peso (Kg)	
Rodamiento superior	
Rodamiento delantero	


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE TENSIÓN			
DEVANADO	TERMINALES	U (Voltios)	OBSERVACIONES
ESTATOR	U-V		
	V-W		
	W-U		
	X-Y		
	Y-Z		
	Z-X		


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE INTENSIDAD				
DEVANADO	TERMINALES	I (Amperios) En vacío	I (Amperios) Con carga	OBSERVACIONES
ESTATOR	U			
	V			
	W			
	X			
	Y			
	Z			


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE POTENCIA				
Lineas de alimentacion	P (Watts)	P (Watts)	Observaciones	
	En vacío	Con carga		
R-S				
S-T				
T-R				


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE FRECUENCIA			
Lineas de alimentacion	F (Hertz)	Observaciones	
R-S			
S-T			
T-R			


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE REVOLUCIONES POR MINUTO 		
VELOCIDAD	RPM	OBSERVACIONES
EN VACIO		
CON CARGA		


Fuente: Elaboración propia

MEDICIÓN DE TORQUE 		
FUERZA	T (Nm)	OBSERVACIONES
EN VACÍO		
CON CARGA		

Fuente: Elaboración propia

Nombre del motor	Área donde trabaja	Condición actual según el ensayo 		
		Optimo	Aceptable	Deficiente

Fuente: Elaboración propia


DATOS DEL PERSONAL 	
DE MANTENIMIENTO QUE EMITE EL PROTOCOLO DE PRUEBAS	DE RECEPCIÓN
SUPERVISOR:	JEFE DE ÁREA:
TÉCNICO:	
FIRMA:	FIRMA:
FECHA:	

Fuente: Elaboración propia

3.5 Realizar una evaluación económica del proyecto mediante los indicadores VAN y TIR


3.5.1 Presupuesto

a) Presupuesto de recursos indirectos:

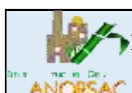
 PRESUPUESTO RECURSOS: COSTOS INDIRECTOS					
Partidas	Descripción	Unidad	Cantidad	C. Unitario	Importe total
Útiles y materiales de oficina e investigación	Cuaderno	Unid.	1	S/. 18.00	S/. 18.00
	Lapiceros	Unid.	4	S/. 2.00	S/. 8.00
	Corrector	Unid.	2	S/. 3.00	S/. 6.00
	Resaltadores	Unid.	2	S/. 3.00	S/. 6.00
	Memoria USB	Und	1	S/. 30.00	S/. 30.00
	Anillados	Glb.	6	S/. 5.00	S/. 30.00
	Papel bond (A-4)	Millar	1	S/. 25.00	S/. 25.00
Subtotal					S/. 123.00
Servicios	Fotocopias	Unid.	125	S/. 0.10	S/. 12.50
	Impresiones	Unid.	250	S/. 0.20	S/. 50.00
	Horas de internet	Glb.	40	S/. 1.00	S/. 40.00
	Costos alimentación	Unid.	34	S/. 10.00	S/. 340.00
	Pasajes	Unid.	22	S/. 5.00	S/. 110.00
Subtotal					S/. 552.50
Total costos indirectos inc IGV					S/. 675.50

Fuente: Elaboración propia


b).- Costos de los materiales necesarios para diseñar un banco de pruebas de motores eléctricos trifásicos de hasta 20 hp.

 LISTA DE MATERIALES PARA MONTAJE DE ESTRUCTURA				
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
2.00	und	Tubo cuadrado de 4cmx4cm	S/. 115.00	S/. 230.00
4.00	und	Tubo cuadrado de 80mmx40mm	S/. 104.00	S/. 416.00
3.00	und	Tubo cuadrado de 4cmx2cmx3mm	S/. 85.00	S/. 255.00
8.00	kg	Soldadura selio cord	S/. 15.00	S/. 120.00
10.00	und	Pernos cabeza de coche de 4x1/2	S/. 3.20	S/. 32.00
7.00	und	Plancha metalica 3/32	S/. 250.00	S/. 1,750.00
1.00	gln	Pintura base	S/. 150.00	S/. 150.00
1.00	gln	pintura esmalte	S/. 200.00	S/. 200.00
1.00	gln	Thiner	S/. 14.50	S/. 14.50
3.00	pza	Lija de fierro N°80	S/. 1.80	S/. 5.40
2.00	pza	Lija de agua N° 180	S/. 1.10	S/. 2.20
20.00	und	Pernos 1/2x5/32	S/. 3.50	S/. 70.00
1.00	und	Broca para metal de 1/8	S/. 5.00	S/. 5.00
1.00	und	Broca para metal de 5/8	S/. 12.00	S/. 12.00
1.00	und	Masilla	S/. 36.00	S/. 36.00
2.00	und	disco de corte 3M- CUT OFF WHEEL (A36P)	S/. 115.00	S/. 230.00
1.00	UND	Hoja de sierra de 32 dientes para metal	S/. 5.00	S/. 5.00
			TOTAL	S/. 3,533.10

Fuente: Elaboración propia

<div>  LISTA DE MATERIALES ELECTROMECAÑICOS PARA EL BANCO DE PRUEBAS </div>				
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1 und		Multímetro PCE-PA6000	S/. 2,800.00	S/. 2,800.00
1 und		Freno de histéresis VARIMATIC DM	S/. 8,215.00	S/. 8,215.00
1 und		Laptop	S/. 3,500.00	S/. 3,500.00
1 Und		Mesa deslizable	S/. 204.00	S/. 204.00
1 Und		Tecle eléctrico EH300D	S/. 729.90	S/. 729.90
1 Und		Tablero mural de acero NSYCRN108300	S/. 771.00	S/. 771.00
1 Und		Tablero mural de acero NSYCRN325200	S/. 184.00	S/. 184.00
1 Und		Placa de montaje metálico NSYMM3025	S/. 14.60	S/. 14.60
1 Und		Placa de montaje metálico NSYMM108	S/. 227.00	S/. 227.00
1 Und		Conjunto de fijación mural NSYPFCR	S/. 20.10	S/. 20.10
3 Und		Tubos de ¾" EMT conduit	S/. 17.90	S/. 35.70
4 Und		Tubos de 1" EMT conduit	S/. 20.50	S/. 82.00
1 Und		Interruptor termomagnético tripolar A9F74363	S/. 144.00	S/. 144.00
1 Und		Interruptor termomagnético tripolar A9F74310	S/. 46.50	S/. 46.50
1 Und		Guarda motor magnetotérmico GV2P20	S/. 284.00	S/. 284.00
1 Und		Guarda motor magnetotérmico GV2P32	S/. 559.00	S/. 559.00
4 Und		Contactores electromagnéticos tripolares LC1D18M7	S/. 148.00	S/. 592.00
1 Und		Contactador electromagnético tripolar	S/. 104.00	S/. 104.00
1 Und		Temporizador a la conexión RE7TL11BU	S/. 239.00	S/. 239.00
3 Und		Pulsadores N.O XB7NA31	S/. 6.00	S/. 18.00
3 Und		Pulsadores N.C XB7NA32	S/. 6.00	S/. 18.00
3 Und		Lámparas de señalización verdes XB7EV63P	S/. 7.20	S/. 21.60
2 Und		Lámparas de señalización rojas XB7EV64P	S/. 7.20	S/. 14.40
1 Und		Bloqueador tipo hongo N C XB4RT42	S/. 95.50	S/. 95.50
1 Und		Borneras AB1VV235U	S/. 9.80	S/. 9.80
30 Mts		Cable THW 8AWG	S/. 2.70	S/. 40.50
15 Mts		Cable THW 10AWG	S/. 2.40	S/. 36.00
30 Mts		Cable THW 16AWG	S/. 0.80	S/. 24.00
8 Mts		Cable desnudo #10 AWG	S/. 8.00	S/. 64.00
2 Und		Varillas de cobre electrolítico	S/. 180.00	S/. 360.00
TOTAL				19,453.60

Costos mano de obra, instalación y construcción del ambiente

 Mano de obra de instalación del proyecto					
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Costo Unit	Total
1	Mano de obra e instalación	Glb.	1	S/. 8,000.00	S/. 8,000.00
2	Construcción del ambiente	Glb.	1	S/. 5,200.00	S/. 5,200.00
Costo total en nuevos soles incluido IGV					S/. 13,200.00

Fuente: Elaboración propia

Resumen de los costos y gastos:	Importe
Costo indirecto (a):	S/. 675.50
Costo directos (b):	
Mano de obra de instalación	S/. 13,200.00
Materiales para estructura	S/. 3,533.10
Materiales para Banco de Pruebas	S/. 19,453.60
Costo total de presupuesto	S/. 36,862.20

Fuente: Elaboración propia

Por lo cual el costo para el diseño de una banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento de motores eléctricos asciende a la suma de **S/ 36,862.20** soles

Evaluación económica

Para el presente trabajo de investigación se recomienda que el financiamiento para la construcción del diseño se establezca mediante crédito financiero para lo cual se presenta el siguiente análisis para el diseño de un banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento en motores eléctricos trifásicos de la empresa Azucarera del Norte.

Por lo cual el costo para el diseño asciende a la suma de **S/ 36,862.20** soles.

Ingresos:

- Ahorro de materiales que se emplea en las reparaciones
- Horas / hombre que se emplea para las reparaciones
- Valor Producción Mensual
- Servicio a terceros

Según los datos que se obtuvieron del registro de reparaciones de motores eléctricos son 04 los motores que mensualmente entran a reparación.

Ahorro de materiales	Valor unidad S/.	Valor total S/
4	320	1,280.00

Para la reparación de un motor de 20 hp tienen que trabajar dos técnicos con un horario de 08 horas.

Horas / hombre	Valor hora S/.	Valor total S/
64	5.5	352.00

La empresa ANORSAC realiza paradas periódicas mensuales y en cada parada se hace una programación de 12 motores para realizarles mantenimiento.

Ensayo de motores de la empresa al mes	Valor unidad	Valor total
	S/.	S/.
12	150	1,800.00

Con la elaboración de este diseño se hace una proyección para dar servicio a otras empresas.

Ensayo de motores a terceros al mes	Valor unidad	Valor total
	S/.	S/.
8	150	1,200.00

RESUMEN INGRESOS	
Ingresos mensuales	S/. 4,632
Ingresos anuales	S/. 55,584
Crecimiento anual	2%

Egresos:

- Gastos por servicio eléctrico
- Gatos por Operación y Mantenimiento
- Pago al operario

Egresos	Valor total S/.
Por servicio eléctrico	145.00
Por operación y mantenimiento	120.00
Pago al operario	1,300.00
Total	1,565.00

Préstamo	36,862
Tasa Pasiva	4%
Tasa Activa	18.00%
Capital Propio	0.00
Inversión Total	36,862.20
COK	18.00%

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
INGRESOS	Costo implementación	Trabajos realizados	Trabajos realizados	Trabajos realizados
Ingresos		S/. 55,584	S/. 56,695.68	S/. 57,829.59
Valor residual (AÑO 3)				S/. 14,516
EGRESOS		(18,780)	(18,780)	(18,780)
Inversión total	(36,862)			
Consumo eléctrico		(1,740)	(1,740)	(1,740)
Gastos administrativos		0	0	0
Operación y mantenimiento		(1,440)	(1,440)	(1,440)
Otros costos pago al operario		(15,600)	(15,600)	(15,600)
INGRESOS NETO	-S/. 36,862	S/. 36,804	S/. 37,916	S/. 39,050
+ Préstamo	S/. 36,862			
-Amortización (VA DEL 1-3 AÑO)	S/. 0	(10,319)	(12,176)	(14,368)
-Interesés (VA DEL 1-3 AÑO)		(5,379)	(3,521)	(1,330)
FLUJOS FINANCIEROS	0	S/. 21,107	S/. 22,218	S/. 23,352

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Si VAN >=0: se acepta la propuesta, de lo contrario se rechaza**
- **Si TIR > t= 18%: se acepta la propuesta, de lo contrario se rechaza**

ANÁLISIS DE VAN Y TIR

Tasa descuento económico	18%
---------------------------------	-----

VAN	S/. 82,187.07	> 0
TIR	86%	> 18%

Beneficio / Costo	
Van Ingresos	S/. 123,020
Van Costos	S/. 40,833
B/C	1.58

> 1

Fuente: Elaboración propia

Según el resultado obtenido nos muestra que el proyecto es Rentable por lo cual se recomienda gestionar dicho proyecto mediante un crédito financiero de lo contrario se deberá gestionar dicho análisis ante una entidad local más cercana para realizar la evaluación económica no a nivel privado si no a nivel social según las especificaciones dadas en los documentos de gestión e inversión del estado peruano.

V. DISCUSIÓN

La investigación en estudio tiene relacion con lo que dice Cornejo y Tinajero (2015, p. 01), en su trabajo de tesis llamado “Diseño y Construcción de un Banco Didáctico para Pruebas de Motores Electricos”, manifiesta que en la actualidad es la limitación para relacionar los valores teoricos a traves del diseño, versus mediciones reales de parametros de funcionamiento que intervienen en el principio de funcionamiento de cada maquina a estudiar teniendo como justificación que con la implementacion de este proyecto se podran ampliar los conocimientos adquiridos en la materia de maquinas eléctricas, sobre las pruebas de funcionamiento que realizan a los motores monofásicos de inducción y motores especiales mediante la interacción de la teoria con prácticas experimentales, este banco de pruebas nos muestra esquematicamente los componentes de cada motor a estudiar, ya que es indudable que se aprecia la mejora y el aumento de eficiencia en los trabajos prestados.

Rabines (2016, p. 13), en su trabajo de tesis llamado “Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Físicos y Eléctricos de Grupos Electrogenos”, concluyo que la implementación de este sistema de monitoreo de parametros físicos y eléctricos demuestra que es posible y más eficiente realizar dispositivos de monitoreo a distancia de equipos y maquinarias ya que estos demuestran ser una ventaja en lo que a logística se refiere, sobretodo para empresas que poseen flotas de alquiler distintos tipos, se esta de acuerdo con lo sostenido por Rabines ya que la eficiencia aumenta enormemente. Adems, nos fue de mucha importancia analizar y discutir los aportes de Daut, Gomesh et all (2012) que nos aportaron que la característica de rendimiento importante en los datos son la eficiencia, el factor de potencia, la corriente, el par de arranque, par máximo, datos que han sido tomados en cuenta para los respectivos cálculos. Para determinar la eficiencia del motor de inducción, primero se identifican varias pérdidas en la máquina. Seguidamente, la potencia

también se pierde como histéresis y remolino pérdida de corriente en el material magnético del núcleo del estator. (p. 480).

VI. CONCLUSIONES

- El diseño de un banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento de motores eléctricos, permite contar con una herramienta de gran importancia para los ingenieros industriales, ingenieros mecánicos y técnicos electromecánicos.
- El objetivo principal de esta investigación es diseñar un banco pruebas para determinar parámetros de funcionamiento en motores eléctricos trifásicos desde el punto de vista electromecánico en base a una serie de datos de partida. Se busca conseguir que el banco sea válido para ensayar distintos tipos de motores de hasta 20 hp, lo que se ha logrado alcanzar mediante el diseño de una mordaza ajustable a las dimensiones del motor eléctrico que se desea ensayar.
- El banco de pruebas ayuda en las actividades de reparación o mantenimiento de motores eléctricos a todo el personal técnico de mantenimiento de la empresa ANORSAC.
- Este proyecto puede ser ampliado con las adecuaciones necesarias para realizar ensayos a motores eléctricos de mayor potencia.
- La validez de las pruebas están determinadas por la calidad de los equipos de medición y la calibración del multímetro PCE-PA 6000.
- El costo de construcción de este proyecto es aceptable comparado con el beneficio que traerá consigo.

VII. RECOMENDACIONES

- En la empresa ANORSAC, se recomienda implementar sistemas electromecánicos que puedan dar las facilidades a los operarios en el buen desempeño de sus actividades, esto ocasiona un buen servicio en el reacondicionamiento de las máquinas y/o equipos industriales.
- Se recomienda que se debe respetar los cálculos obtenidos y los materiales seleccionados ya que estos garantizan el buen funcionamiento del banco de pruebas.
- El uso del banco de pruebas es para el aseguramiento de calidad posterior al mantenimiento o reparación de los motores eléctricos, para que estos cumplan con el servicio para el que fueron diseñados.
- Se recomienda el uso y el mantenimiento adecuado de todos los componentes electromecánicos del banco de pruebas para su alargamiento de vida útil.
- Se determino que los costos que implican desarrollar este trabajo de investigación asciende a la suma de **S/ 36,862.20** soles teniendo como resultados un VAN aceptable y un TIR que es mayor al 18%, se demuestra que este es rentable y sostenible en el tiempo recomendado.

REFERENCIAS

RODRIGUEZ, Jonathan. *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Caracterización de Motores Eléctricos Monofásicos*. México : s.n., 2014. pág. 122.

GARCÍA, Mayte. *Diseño y Construcción de un Banco Dinámico de Motores Eléctricos*. México DF : s.n., 2014. pág. 125.

RABINES, Franco. *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Físicos y Eléctricos de Grupos Electrónicos*. Lima - Perú : s.n., 2006. pág. 121.

GUERRERO, Gerardo. *Diseño e Implementación de un Sistema de Control Digital con Conexión a Redes de Datos para Medición de Parámetros Eléctricos*. Lima - Perú : s.n., 2007. pág. 254.

GARRIGOS, J. *Motores de Corriente Alterna*. [s.n.] : s.n., 2011. pág. 26.

VIDELA, Andrés. *Manual de Motores Electricos*. s.n. : s.n., [s.f.]. pág. 70.

Electrical Apparatus Service Association, Inc. *El Efecto de la Reparación/Rebobinado en la Eficiencia del Motor*. U.S.A. : Association of Electrical and Mechanical Trades (AEMT Ltd), [s.f.]. pág. 82. ISBN: 00397289.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. 4a Edición. D.F. México : Mc Graw-Hill, 2006. pág. 497. ISBN: 968 - 422 - 931 - 3.

ARIAS, Fidias. *El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica*. 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.

PERALTA, Manuel. *Modelo e Implementación de Mantenimiento para Flotas de Transporte Pesado*. Bogota : s.n., 2011. pág. 103.

Ministerio de Energía y Minas. *Plan Nacional de Electrificación Rural PNER 2013 - 2022*. Lima : s.n., 2012. pág. 34.

HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. *Metodología de la Investigación*. México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.

FINK, Donald. *Manual de Ingeniería Eléctrica*. Bogota : Editorial Mc Graw Hill, 1997. pág. 435.

HEUMANN, K. *Fundamentos de Electrónica de Potencia*. Telefunken Paraninfo : s.n., 1978. pág. 537.

MORA, Juan. *Perturbaciones en la Onda de Tensión*. Universidad de Girona. Girona : s.n., 2003. pág. 197.

OSINERGMIN. *Mediciones de Parámetros*. Perú : s.n., 2016. pág. 75.

48. SEYMOUR, Josephy y HORSLEY, Terry. *Los Siete Tipos de Problemas en el Suministro Eléctrico*. México : s.n., 2004. pág. 345.

Ministerio de Energía y Minas. *D.S. N° 020-97 EM, Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos*. Lima : s.n., 2011. pág. 75.

CORNEJO, Erick y TINAJERO, Jorge. *Diseño y Construcción de un Banco Didáctico para Pruebas de Motores Monofásicos*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Guayaquil - Ecuador : s.n., 2015. pág. 214.

HARPER, Gilberto. *ABC de las Máquinas Eléctricas II*. Limusa, México D.F. : s.n., 2004. pág. 437.

WILDI, Theodore. *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. 6ta Edición. México : Editorial Prentice - Hall, 2007. pág. 275.

Leiva, L. *Instalaciones Electricas - Controles y Automatismo*. Bogota : Alfaomega, 2007. pág. 325. Vol. Tomo III.

VILORIA, Juan. *Automatismo Industriales*. Madrid : Paraninfo, 2009. pág. 545.

RODRIGUEZ, Jonathan. *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Caracterización de Motores Eléctricos Monofásicos*. México : s.n., 2014. pág. 122.

GARCÍA, Mayte. *Diseño y Construcción de un Banco Dinámico de Motores Eléctricos*. México DF : s.n., 2014. pág. 125.

RABINES, Franco. *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parámetros Físicos y Eléctricos de Grupos Electrógenos*. Lima - Perú : s.n., 2006. pág. 121.

GUERRERO, Gerardo. *Diseño e Implementación de un Sistema de Control Digital con Conexión a Redes de Datos para Medición de Parametros Eléctricos*. Lima - Perú : s.n., 2007. pág. 254.

GARRIGOS, J. *Motores de Corriente Alterna*. [s.n.] : s.n., 2011. pág. 26.

VIDELA, Andrés. *Manual de Motores Electricos*. s.n. : s.n., [s.f.]. pág. 70.

Electrical Apparatus Service Association, Inc. *El Efecto de la Reparación/Rebobinado en la Eficiencia del Motor*. U.S.A. : Association of Electrical and Mechanical Trades (AEMT Ltd), [s.f.]. pág. 82. ISBN: 00397289.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BATISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. 4a Edición. D.F. México : Mc Graw-Hill, 2006. pág. 497. ISBN: 968 - 422 - 931 - 3.

ARIAS, Fidias. *El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica*. 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.

RAMIREZ, Tulio. *Como Hacer un Proyecto de Investigación*. 3ra Edición. Caracas : Editorial Panapo, 1999. pág. 167. ISBN: 980 - 366 - 231 - 7.

PERALTA, Manuel. *Modelo e Implementación de Mantenimiento para Flotas de Transporte Pesado*. Bogota : s.n., 2011. pág. 103.

Ministerio de Energia y Minas. *Plan Nacional de Electrificación Rural PNER 2013 - 2022*. Lima : s.n., 2012. pág. 34.

HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. *Metodología de la Investigación*. México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.

FINK, Donald. *Manual de Ingenieria Electrica*. Bogota : Editorial Mc Graw Hill, 1997. pág. 435.

HEUMANN, K. *Fundamentos de Electronica de Potencia*. Telefunken Paraninfo : s.n., 1978. pág. 537.

MORA, Juan. *Perturbaciones en la Onda de Tensión*. Universidad de Girona. Girona : s.n., 2003. pág. 197.

OSINERGMIN. *Mediciones de Parámetros*. Perú : s.n., 2016. pág. 75.

SEYMOUR, Josephy y HORSLEY, Terry. *Los Siete Tipos de Problemas en el Suministro Eléctrico*. México : s.n., 2004. pág. 345.

Ministerio de Energía y Minas. *D.S. N° 020-97 EM, Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos*. Lima : s.n., 2011. pág. 75.

CORNEJO, Erick y TINAJERO, Jorge. *Diseño y Construcción de un Banco Didáctico para Pruebas de Motores Monofásicos*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Guayaquil - Ecuador : s.n., 2015. pág. 214.

HARPER, Gilberto. *ABC de las Máquinas Eléctricas II*. Limusa, México D.F. : s.n., 2004. pág. 437.

WILDI, Theodore. *Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. 6ta Edición. México : Editorial Prentice - Hall, 2007. pág. 275.

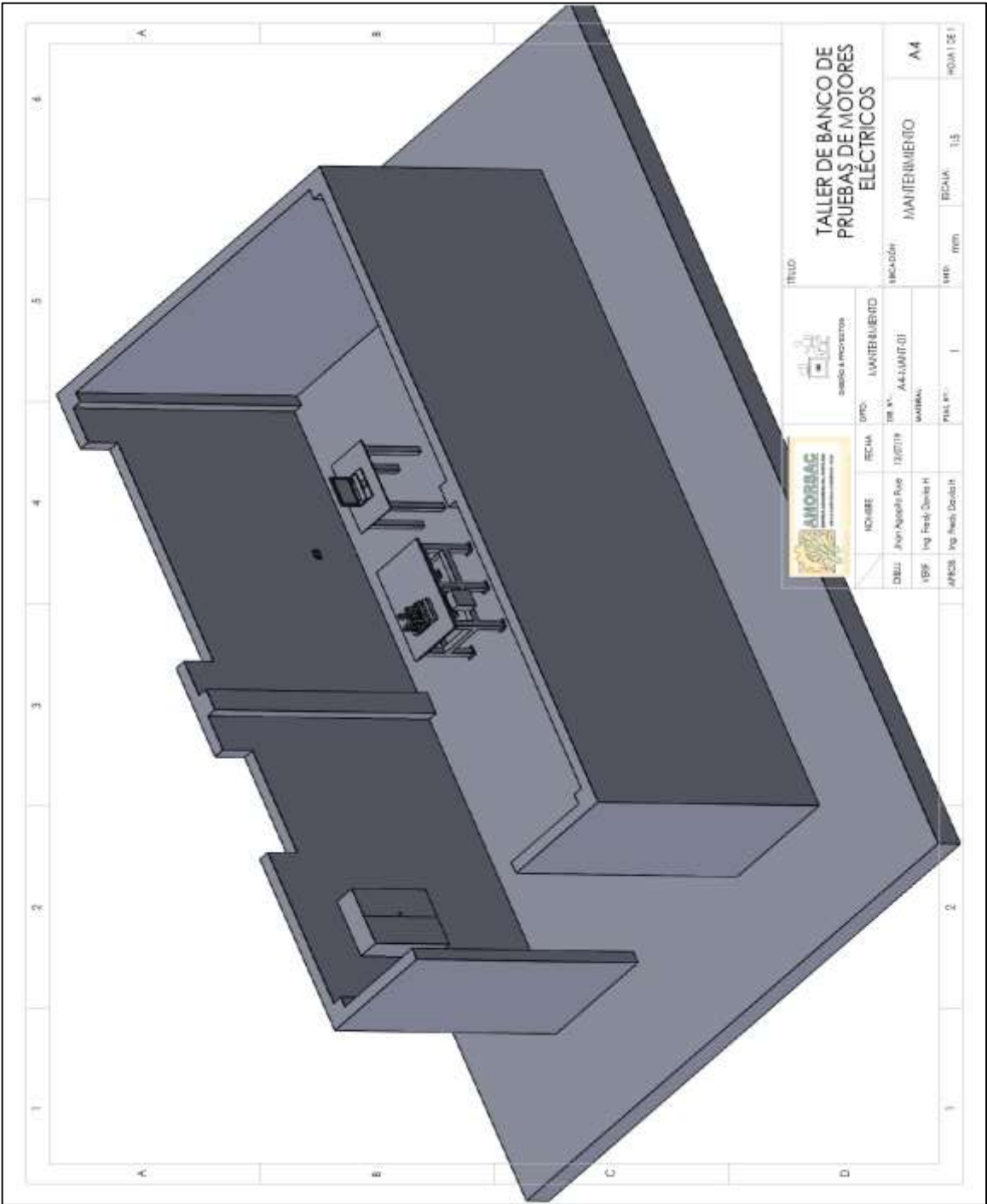
Leiva, L. *Instalaciones Eléctricas - Controles y Automatismo*. Bogotá : Alfaomega, 2007. pág. 325. Vol. Tomo III.

VILORIA, Juan. *Automatismo Industriales*. Madrid : Paraninfo, 2009. pág. 545.

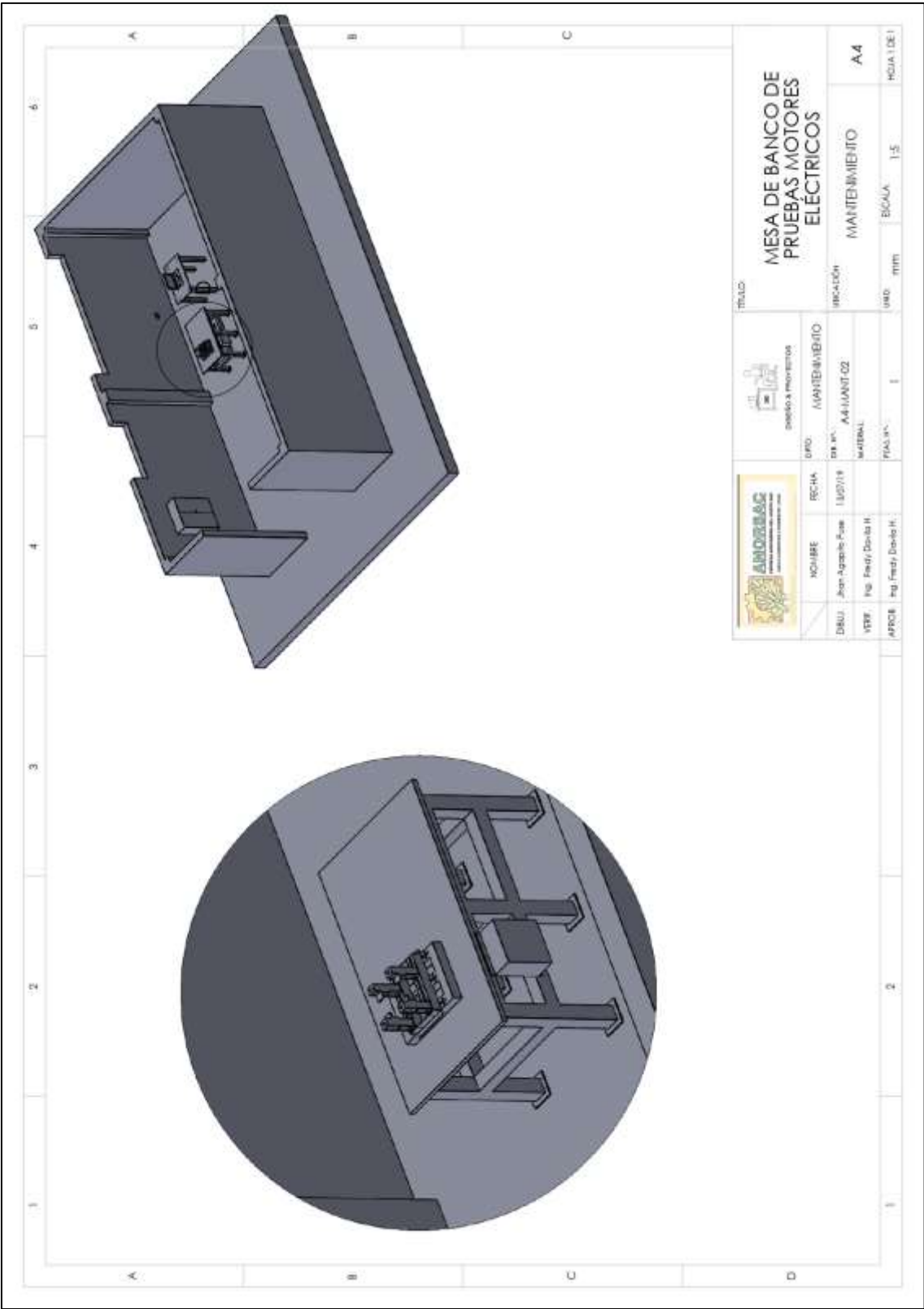
ANEXOS

ANEXO N° 01

Diseño de bancos de pruebas



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 02

FICHA DE REGISTRO DE FALLA

1.- DESCRIPCION DEL MOTOR

Serie:

Tipo:

Modelo:

Hp/kW:

Año:

Marca:

2.- FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

Parámetros	Requerido	Medido	Observación
Tensión			
Intensidad			
Potencia			
Frecuencia			
Torque			
R.p.m			
Rendimiento			
Fecha:	Hora:	Técnico:	Firma:

3.- CONDICIONES DE LAS PARTES DEL MOTOR

Partes	Optimo	Regular	Deficiente
Rodamiento superior			
Rodamiento posterior			
Bobinado			
Rotor			
Carcasa			
Fecha:	Hora:	Técnico:	Firma:

FICHA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS

1.- INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor:

Año del documento:

Editorial:

2.- INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO REVISADO

Título:

Páginas revisadas:

Ubicación del documento revisado:

Fecha y hora de consulta:

3.- DATOS A RECOLECTAR

ANEXO N° 03



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA MECÁNICA ELÉCTRICA

GUÍA DE PREGUNTAS

DISEÑO DE BANCO DE PRUEBAS PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS DE HASTA 20 HP EN LA EMPRESA ANORSAC - CHICLAYO

La información que usted proporcionará será utilizada sólo con fines académicos y de investigación, por lo que se le agradece por su valiosa información y colaboración.

1. **¿Cree usted que es importante contar con un banco de pruebas para determinar parámetros de funcionamiento en la empresa Azucarera del Norte?**

.....

.....

.....

.....

.....

2. **¿Considera usted que con el diseño de un banco de pruebas será más factible el diagnostico de falla prematura en los motores eléctricos?**

.....

.....

.....

.....

.....

3. **¿Cree usted que la manera de la que se realiza actualmente la obtención de parámetros de funcionamiento de los motores eléctricos en la empresa es la adecuada y que nivel de confianza muestran?**

.....

.....

.....

.....

.....

4. **¿Crees usted que con el diseño de un banco de pruebas se podrá llevar una buena determinación de parámetros de funcionamiento en los motores eléctricos de la empresa Azucarera del Norte?**

.....

.....

.....

.....

.....

5. **¿Cuál cree usted que serían los beneficios que se obtendrían al contar con un banco de pruebas se podrá llevar una buena determinación de parámetros de funcionamiento de motores en la empresa Azucarera del Norte?**

.....

.....

.....

.....

ANEXO N° 04

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE DESALINEAMIENTO Y DESBALANCEO MECANICO

RESUMEN

En este artículo se describe un banco de pruebas de Laboratorio para el desalineamiento y desbalanceo mecánico de partes rotodinámicas, y presenta los elementos de diseño mas importantes del mismo. El banco será construido para el Laboratorio de Mecatrónica de la Escuela de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

PALABRAS CLAVES: Banco de pruebas, desalineamiento, desbalanceo.

ABSTRACT

In this article a bank of tests of Laboratory is described for the misalignment and mechanical unbalancing of parts rotordynamics, and presents the design elements but important of the same one. The bank will be built for the Laboratory of Mechatronic of the School of Mechanical Technology of the Technological University of Pereira.

KEYWORDS: bank of tests, misalignment, unbalances.

1. INTRODUCCIÓN

Un problema en las maquinas rotodinámicas causante de una gran cantidad de daños en ellas, es el desalineamiento y desbalanceo mecánico, generadores de la vibración, que a su vez produce problemas en las maquinas como recalentamiento de partes, desgaste y ruptura de piezas, perdida de eficiencia en el motor, ruido industrial y daños colaterales, entre otros.

La vibración por desalineamiento era muy común confundirla con vibración por desbalanceo. Los estudios que se han desarrollado en este aspecto han encontrado, que el desalineamiento es una de las principales causas de la vibración, esta puede prevenirse con capacitación en la materia, pero hasta que no mejoren los métodos del alineamiento existirá una gran necesidad de su análisis.

La mayoría de las empresas de nuestro medio no tienen normas definitivas en cuanto a lo que se considera un buen alineamiento de la maquinaria, lo que los operarios normalmente hacen es alinear de manera aproximada. Sin embargo las tolerancias del alineamiento deberían depender de factores como la clasificación de equipos, el tamaño, el tipo de acople, el diámetro del acople, la

dinámica, rigidez, vibraciones, deflexión, y revoluciones críticas entre otros.

2. DESCRIPCION DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas de desalineamiento y desbalanceo usando vibraciones mecánicas basa su fuente de potencia en un motor trifásico de corriente alterna asincrónica de jaula de ardilla, por facilidad de montaje, mantenimiento más fácil, y bajo costo. En este proyecto no se necesitará una potencia muy alta en el motor debido a que la aplicación no requiere transmisión de potencia, por este motivo, se selecciona una potencia de 0,37KW (0,5hp) girando a 915 rpm con un torque de 3,86 Nm. Unido al motor habrá un eje al cual se le transmitirá el movimiento; este eje estará unido al motor por medio de un acople flexible el cual será seleccionado posteriormente y también se realizarán los cálculos correspondientes del eje; solidario al eje, se tendrán dos discos que deberán estar completamente balanceados, estos discos llevarán una serie de orificios los cuales

HÉCTOR ÁLVARO GONZÁLEZ

Profesor Asistente M.Sc.
Escuela de Tecnología Mecánica.
Universidad Tecnológica de Pereira
hagonza@utp.edu.co

JHON FABIO CARDONA

Tecnólogo Mecánico
Universidad Tecnológica de Pereira
joncar@utp.edu.co

GUSTAVO A. MONROY

Tecnólogo Mecánico
Universidad Tecnológica de Pereira
gusalmon@yahoo.com.mx

ANEXO N° 05

VIII Congreso Argentino de Tecnología Espacial, Mayo 6-8, 2015, Buenos Aires, Argentina

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS ESTÁTICO PARA PRUEBA Y CARACTERIZACIÓN DE MOTORES COHETE

Altamir Rojas, Nelson
naltamir@unal.edu.co
Huarfano Romero, Jerson Leonardo
jhuarfano@unal.edu.co
Ojeda Ramirez, Oscar Ivan
oicjedar@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Carrera 45 #26-85, tel: +57 3165000
Bogotá - Colombia

RESUMEN

Este documento muestra las distintas etapas de conceptualización, diseño y simulación de un banco de pruebas para motores cohete de combustible sólido, líquido o híbrido que proporcionen un empuje pico de hasta 1000 N, el diseño se enfoca desde los ejes temáticos del diseño mecánico y diseño electrónico para cumplir con los parámetros de diseño estipulados por la directrices del grupo GIDA-UN en el campo de propulsión aeroespacial.

1.- INTRODUCCION

Los bancos de pruebas son máquinas herramientas desarrolladas con la finalidad de comprobar ciertas características de funcionamiento que poseen los distintos prototipos de máquinas que se esté diseñando, en este caso particular se trata del diseño tanto mecánico como electrónico de una banco de pruebas para motores cohetes con un empuje pico de 1000 N de fuerza, dicho proyecto se enmarca en el desarrollo de tecnología primaria necesaria para la incursión en el desarrollo de tecnología aeroespacial del grupo de investigación y desarrollo aeroespacial de la universidad Nacional de Colombia GIDA-UN.

2.- METODOLOGIA

Banco de Pruebas

Un banco de pruebas se define como un máquina herramienta desarrollada con la finalidad de comprobar de manera experimental las distintas variables de funcionamiento de cierto dispositivo, en este caso se describe la metodología de concepción y diseño desde la perspectiva del

diseño mecánico (Diseño estructural el dispositivo) y del diseño electrónico el cual se subdivide en dos grandes partes la primera consiste en el dispositivo receptor de datos y la segunda el procesado, filtrado y presentación de dichos datos de una manera eficiente para su posterior uso en los procesos de diseño de vehículos tipo cohete o en el diseño de misiones experimentales que utilizan a los cohetes como principal medio y vehículo de experimentación.

Los bancos de pruebas son conceptualizados y diseñados en función del tipo de vehículos que vayan a ser probados en este, es decir las diversas agencias espaciales, universidades y empresas que tienen alguna participación en el ámbito aeroespacial más exactamente hablando en el campo de propulsión aeroespacial cuentan con desarrollos de vehículos de ascenso vertical autopropulsado y tiene la necesidad de ponerlos a prueba para verificar que los parámetros de diseño bajo los cuales fueron concebidos se cumplan, es por esta razón que dichas pruebas deben realizarse de manera controlada esto incluye todo el rigor necesario en el campo de física experimental para obtener resultados y protocolos repetibles pero conservando la mayor semejanza con el entorno real de funcionamiento.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS HIDRÁULICAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO PARA POTENCIAS HASTA 7 kW

RESUMEN

En este artículo se presenta un informe sobre el diseño y construcción de un banco de pruebas para determinar experimentalmente el comportamiento estático de bombas oleohidráulicas, bajo diferentes condiciones de carga y para potencias hasta 7 kW.

El procedimiento de prueba se basa en la norma **ANSI (NFPA) T3.9.17** y permite obtener las siguientes características estáticas en función de la velocidad de operación y la presión diferencial a través de la bomba: potencias de entrada y salida, caudal de salida, eficiencia volumétrica y eficiencia global.

PALABRAS CLAVES: Bombas oleohidráulicas, nuevas estéticas.

ABSTRACT

A testing unit for hydraulic pumps was designed and built, in order to determine their steady state performance, under different loading conditions and at maximum of TME.

The testing procedure follows ANSI/ (NFPA) T3.9.17 standard and allows obtain the following steady state characteristics as functions of operating speed and the pressure difference across the pump: power input and power output, output flow, volumetric efficiency and overall efficiency.

KEY WORDS: *Hydraulic pump, steady state performance*

MAURICIO MONROY J.
Ingeniero electrónico, MSc.
Profesor auxiliar
Universidad Tecnológica de
Pereira,
mauriciomonroy@utp.edu.co

EDISON HENAO C.
Ingeniero Mecánico, MSc.
Profesor auxiliar
Universidad Tecnológica de
Pereira,
edisonhenao@utp.edu.co

MARIO HOYOS MESA
Ingeniero Mecánico M.Sc.
Profesor titular
Universidad Tecnológica de
Pereira,
mariohoyos@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Las bombas usadas en los sistemas oleo hidráulicos son de desplazamiento positivo [3,4,6,7]. De su comportamiento depende en buena parte el funcionamiento de tales sistemas. Cuando la aplicación de la bomba es muy crítica o especializada, el conocimiento de sus características de desempeño es indispensable.

Para conocer el comportamiento de las bombas bajo diferentes condiciones de carga, se proyectó la construcción de un banco de pruebas para potencias hasta 7 kW.

La selección de los componentes, tanto hidráulicos como electrónicos, se hizo de acuerdo con las limitaciones de momento de torsión (30 Nm) y potencia (7 kW) del motor.

Con el fin de obtener los resultados de las pruebas de las bombas oleohidráulicas, en una forma más práctica y sistematizada, se procedió a instrumentar el banco y a convertir las señales eléctricas de los instrumentos, a un formato legible y almacenable por el computador.

2. EQUIPO REQUERIDO

La figura 1 muestra el circuito hidráulico que caracteriza al banco de prueba.

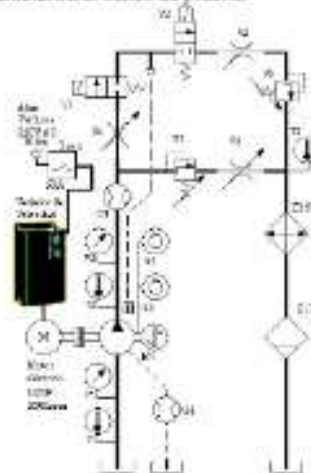


Figura 1. Circuito hidráulico del banco de prueba.

A continuación se identifican los equipos asociados a dicho circuito y que pueden ser vistos en la figura 1.

ANEXO N° 07

NUMEROS PERMISIBLES DE CONDUCTORES POR TUBERIA								
AWG MCM	1	2	3	4	5	6	7	8
18	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"
16	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"
14	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"
12	1/2"	1/2"	1/2"	3/4"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
10	1/2"	3/4"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
8	1/2"	3/4"	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
6	1/2"	1 1/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"
4	1/2"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	2"	1 1/2"	2"
3	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2"	2"	2 1/2"
2	3/4"	1 1/4"	1 1/4"	2"	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"
1	3/4"	1 1/2"	2"	2"	2 1/2"	2 1/2"	3"	3"
0	1"	1 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	3"	3"	3"	3 1/2"
0	1"	2"	2 1/2"	2 1/2"	3"	3"	3"	3 1/2"
0	1"	2"	2"	2 1/2"	3"	3"	3"	3 1/2"
0	1 1/4"	2"	2 1/2"	3"	3"	3 1/2"	4"	4

TABLA DE DEPRECIACIÓN							
Activo	Und	Costo del Activo	Depreciacion (%)	Año 1	Año 2	Año 3	VALOR RESIDUAL
MATERIALES							
LISTA DE MATERIALES PARA MONTAJE DE ESTRUCTURA	1	S/3,533.10	10%	S/. 353.31	S/. 353.31	S/. 353.31	S/. 2,473.17
LAPTOP	1	S/3,500.00	25%	S/. 875.00	S/. 875.00	S/. 875.00	S/. 875.00
LISTA DE MATERIALES ELECTROMECANICOS PARA EL BANCO DE PRUEBAS	1	S/15,953.60	10%	S/. 1,595.36	S/. 1,595.36	S/. 1,595.36	S/. 11,167.52
Total de Depreciacion				S/. 2,823.67	S/. 2,198.20	S/. 2,198.20	S/. 14,515.69

Estructura de financiamiento

	S/.	%
Capital propio	0	0%
Prestamo	36,862	100%
Inversión total	36,862	100%

Tasa Efectiva Anual	18.00%	BBVA
Tasa Efectiva Mensual	1.39%	
Nº de cuotas	36	MESES

Mes	Intereses	Amortización	Cuota	Saldo
0				36862.20
1	S/.511.96	S/.796.16	S/.1,308.12	S/.36,066.04
2	S/.500.90	S/.807.22	S/.1,308.12	S/.35,258.82
3	S/.489.69	S/.818.43	S/.1,308.12	S/.34,440.39
4	S/.478.32	S/.829.80	S/.1,308.12	S/.33,610.59
5	S/.466.80	S/.841.32	S/.1,308.12	S/.32,769.27
6	S/.455.11	S/.853.01	S/.1,308.12	S/.31,916.26
7	S/.443.27	S/.864.85	S/.1,308.12	S/.31,051.40
8	S/.431.26	S/.876.87	S/.1,308.12	S/.30,174.54
9	S/.419.08	S/.889.04	S/.1,308.12	S/.29,285.49
10	S/.406.73	S/.901.39	S/.1,308.12	S/.28,384.10
11	S/.394.21	S/.913.91	S/.1,308.12	S/.27,470.19
12	S/.381.52	S/.926.60	S/.1,308.12	S/.26,543.59
13	S/.368.65	S/.939.47	S/.1,308.12	S/.25,604.12
14	S/.355.60	S/.952.52	S/.1,308.12	S/.24,651.60
15	S/.342.37	S/.965.75	S/.1,308.12	S/.23,685.85
16	S/.328.96	S/.979.16	S/.1,308.12	S/.22,706.69
17	S/.315.36	S/.992.76	S/.1,308.12	S/.21,713.93
18	S/.301.57	S/.1,006.55	S/.1,308.12	S/.20,707.38
19	S/.287.59	S/.1,020.53	S/.1,308.12	S/.19,686.85
20	S/.273.42	S/.1,034.70	S/.1,308.12	S/.18,652.15
21	S/.259.05	S/.1,049.07	S/.1,308.12	S/.17,603.08
22	S/.244.48	S/.1,063.64	S/.1,308.12	S/.16,539.44
23	S/.229.71	S/.1,078.41	S/.1,308.12	S/.15,461.02
24	S/.214.73	S/.1,093.39	S/.1,308.12	S/.14,367.63
25	S/.199.54	S/.1,108.58	S/.1,308.12	S/.13,259.05
26	S/.184.15	S/.1,123.97	S/.1,308.12	S/.12,135.08
27	S/.168.54	S/.1,139.58	S/.1,308.12	S/.10,995.50
28	S/.152.71	S/.1,155.41	S/.1,308.12	S/.9,840.09
29	S/.136.66	S/.1,171.46	S/.1,308.12	S/.8,668.63
30	S/.120.39	S/.1,187.73	S/.1,308.12	S/.7,480.90
31	S/.103.90	S/.1,204.22	S/.1,308.12	S/.6,276.68
32	S/.87.17	S/.1,220.95	S/.1,308.12	S/.5,055.73
33	S/.70.22	S/.1,237.90	S/.1,308.12	S/.3,817.83
34	S/.53.02	S/.1,255.10	S/.1,308.12	S/.2,562.73
35	S/.35.59	S/.1,272.53	S/.1,308.12	S/.1,290.20
36	S/.17.92	S/.1,290.20	S/.1,308.12	S/.0.00
TOTAL	S/.10,230.15	S/.36,862.20	S/.47,092.35	

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
INTERESES	S/. 5,378.8	S/. 3,521.5	S/. 1,329.8
AMORTIZACIO	S/. 10,318.6	S/. 12,176.0	S/. 14,367.6
CUOTA	S/. 15,697.4	S/. 15,697.4	S/. 15,697.4

Figura 26: Manual de precios 2019



Figura 27: Catalogo weg motores eléctricos



Figura 28: Manual de mandos por contactor de motores asincronos SENATI



Figura 29: Motores eléctricos de fabricación DELCROSA

